Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXIX, вып. 2, 1976 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА БУРАКОВСКОМ МАССИВЕ

В.К.ПОЛИКАРПОВ, А.Б.ЛОБАНОВА, Н.И.СУВОРОВА

В результате гравитационной съемки, выполненной Западным геофизическим трестом (ЗГТ) в 1962 г., на восточном берегу Онежского озера выявлены две аномалии, которые оказались связанными с породами основного и ультраосновного состава, занимающими площадь свыше 1000 км^2. Район аномалий получил название Бураковско-Аганозерской зоны основных и ультраосновных пород. Он привлекает внимание геологической службы своими размерами и рассматривается как перспективный на обнаружение медно-никелевой минерализации. В разные годы было пробурено около десятка скважин, однако вследствие больших размеров района они не решили поисковых и картировочных задач.

С 1969 г. ЗГТ приступил к планомерному изучению зоны. В 1972 г. завершены гравитационная и магнитная съемки, выполненные с целью решения задач геологического картирования. Поисковые исследования продолжаются.

В 1970 г. ЗГТ выполнил в Аганозерской, северо-восточной части зоны аэроэлектромагнитную съемку методом вращающегося магнитного поля (ВМП) в масштабе 1:25000.

В 1971 г. под научным руководством И.В.Литвиненко (Ленинградский горный институт) выполнены сейсмические исследования методом отраженных волн по профилю 3 с целью изучения глубинного геологического строения.

Для оценки потенциальной никеленосности выполнена гидрогеохимическая съемка со средней плотностью отбора проб 1,6 водопункта на 1 км^2. Силами ЗГТ в 1971 г. пробурено 9 скважин. Материалы геофизических, гидрогеохимических и буровых работ, результаты изучения петрографического состава, сведения о физических свойствах горных пород и послужили основой данной статьи.

Бураковско-Аганозерская зона основных-ультраосновных пород залегает среди архейских-нижнепротерозойских гранитоидов (рис.1). Макроскопически гранитоиды среднезернистые, чаще крупнозернистые, иногда порфировидные, светло-розового, розовато-серого и серого цветов. Среди гранитов выделяются плагиограниты, плагиомикроклиновые, микроклиновые граниты, связанные друг с другом взаимными переходами. Названные разности легко выделяются в пределах одного обнажения и не проявляют сколько-нибудь заметных закономерностей в площадном распространении. Исключение составляют микроклиновые граниты. Они локализуются к югу от большой диабазовой дайки (рис.1) и характеризуются преобладанием микроклина над плагиоклазом. Плотность гранитов (124 образца) варьируется от 2,50 до 2,90 г/см^3 при средней плотности 2,62 г/см^3. Повышенные значения плотности объясняются наличием оруденелых образцов и нескольких образцов гранодиорита, имеющего плотность 2,78 г/см^3. Магнитная восприимчивость для 80% всех образцов $160 \cdot 10^{-6}$СГС. Только 20% образцов имеют магнитную восприимчивость до $1100 \cdot 10^{-6}$СГС.

Породы Бураковско-Аганозерской зоны представлены основными и ультраосновными разностями от габбро-норитов до перидотитов и оливинитов. Серые габбро-нориты имеют массивную, редко трахитоидную текстуру и габбро-офитовую, реже офитовую структуру. В количественно-минералогическом отношении серые габбро-нориты характеризуются большими диапазонами изменений - от норитов до габбро, от лейкократовых до меланократовых. Средний валовый состав их следующий: ромбический пироксен 14-25%, моноклинный пироксен 10-20%, плагиоклаз 40-80%, рудный (в основном титаномагнетит и ильменит с редкой вкрапленностью сульфидов) 10-12%, биотит 0,4-2%. Характерно постепенное увеличение основности плагиоклазов с глубиной от № 39-40 близ поверхности до № 55-69 на глубине.

Плотность габбро-норитов (224 образца) лежит в пределах 2,66-3,16 г/см^3 при средней 2,93 г/см^3. Магнитная восприимчивость меняется в больших пределах: 55% образцов имеют значения менее $1000 \cdot 10^{-6}$СГС, остальные меняются от $1000 \cdot 10^{-6}$ до $1300 \cdot 10^{-6}$СГС.

Коричневые габбро-нориты существенно от габбро-норитов не отличаются. Окраска их объясняется тем, что все породообразующие минералы покрыты тонкой пленкой гидроокислов железа, проникающих по трещинам внутрь минералов. Трещиноватость коричневых габбро-норитов интенсивнее, чем у неизменных габбро-норитов. По минералогическому составу коричневые габбро-нориты от серых отличает пониженное содержание титаномагнетита (1-3%).

Плотность (168 образцов) меняется от 2,76 до 3,03 г/см^3 при средней 2,89 г/см^3. Магнитная восприимчивость 88% образцов $(20-900)10^{-6}$СГС и только 12% - от $900 \cdot 10^{-6}$ до $5000 \cdot 10^{-6}$СГС.

Пироксениты макроскопически характеризуются темно-серым до черного цветом, средне- и крупнозернистым строением, обладают панидиоморфнозернистой структурой и массивной текстурой. Состоят часто из крупных (10-15 мм) ксеноморфных толстотаблитчатых кристаллов ромбического и реже

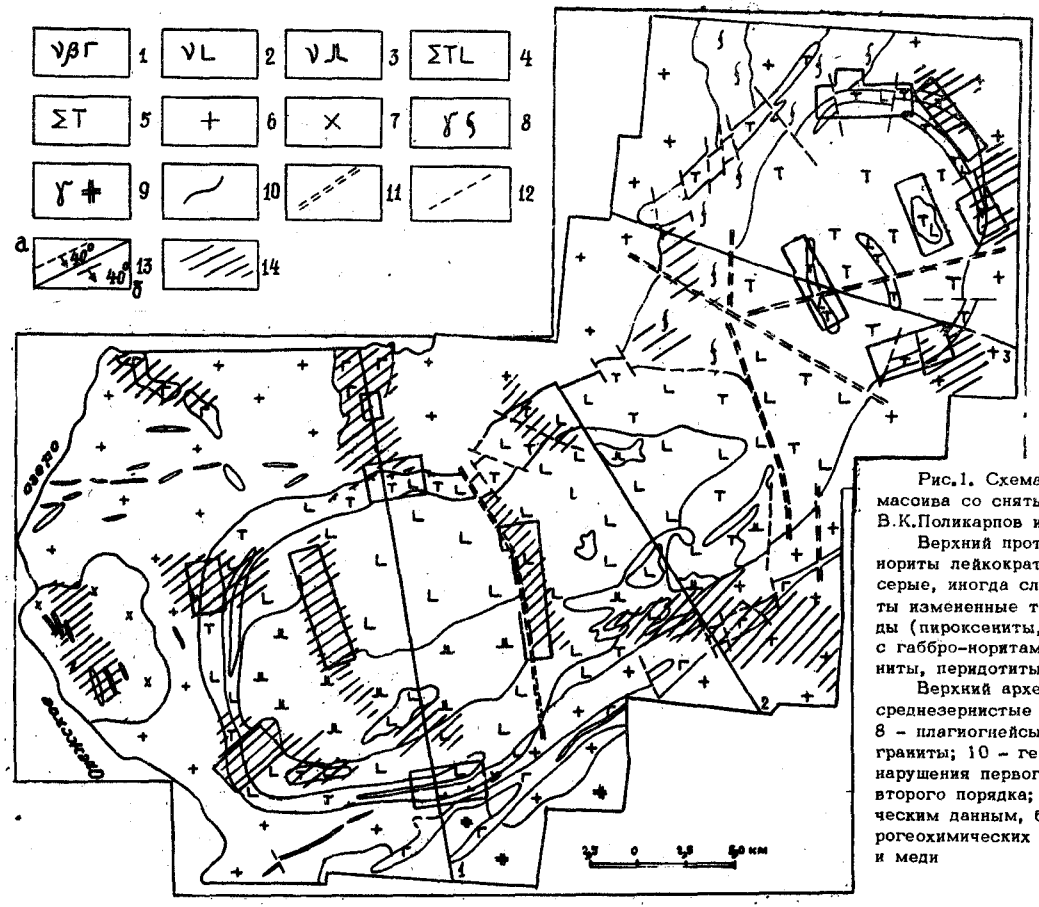


Рис.1. Схематическая геологическая карта Бураковского массива со снятым четвертичным покровом (составители В.К.Поликарпов и Е.М.Мицкевич).

Верхний протерозой: 1 – габбро-диабазы; 2 – габбро-нориты лейкократовые средне- и крупнозернистые темно-серые, иногда слабо трахитоидные, серые; 3 – габбро-нориты измененные темно-коричневые; 4 – ультраосновные породы (пироксениты, оливиниты, перидотиты), перемежающиеся с габбро-норитами; 5 – пироксениты, оливиновые пироксениты, перидотиты.

Верхний архей – нижний протерозой: 6 – граниты крупно-среднезернистые плагиомикроклиновые; 7 – гранодиориты; 8 – плагиогнейсы, гнейсо-грано-диорит; 9 – микроклиновые граниты; 10 – геологические границы; 11 – тектонические нарушения первого порядка; 12 – тектонические нарушения второго порядка; 13 – элементы залегания (а – по геофизическим данным, б – по геологическим); 14 – контуры гидрогеохимических зон с повышенными содержаниями никеля и меди

моноклинного пироксенов. Иногда в строении пироксенитов содержится оливин (до 20%). Плагиоклаз присутствует в незначительных количествах (до 15%) в виде резко ксеноморфных выделений в промежутках между зернами пироксенов. Оливин в подавляющем большинстве случаев в различной степени серпентинизирован. Рудный минерал (титаномагнетит) присутствует по трещинам в оливинах и пироксенах и по краевой части пироксенов, часто в ассоциации с биотитом.

Пироксениты (150 образцов) имеют самую высокую плотность, варьирующуюся от 2,90 до 3,15 г/см^3 при среднем значении 3,02 г/см^3. Магнитная восприимчивость 90% всех образцов (10-170)10^{-6}СГС и только 10% до $600 \cdot 10^{-6}$СГС.

Оливиниты и перидотиты макроскопически почти неотличимы от пироксенитов. Под микроскопом обнаруживают панидиоморфнозернистую структуру и массивную текстуру. Оливин часто серпентинизирован. По трещинам и краевым зонам оливинов часто развивается титаномагнетит (изредко совместно с сульфидами) в ассоциации с биотитом. Отмечаются также процессы хлоритизации и карбонатизации. Плагиоклаз присутствует в незначительных количествах (0-10%). До 90% образцов в той или иной степени серпентинизированы, вследствие чего их физические свойства изменяются в широких пределах. Так, плотность (156 образцов) меняется от 2,60 до 3,25 г/см^3 при среднем значении 3,03 г/см^3. Магнитная восприимчивость для 48% образцов (20-1500)10^{-6}СГС, 28% - (1500-2700)10^{-6}СГС, 24% - до $8000 \cdot 10^{-6}$СГС.

Габбро-диабазы представляют собой темно-серые до черного массивные, мелко- и среднезернистые породы. Они обнаруживают габбро-диабазовую структуру и массивную текстуру. Главные породообразующие минералы представлены пироксеном (50-55%), плагиоклазом (40-45%), магнетитом (5-10%). Пироксен присутствует в виде идиоморфных длиннопризматических кристаллов размером от 0,5 до 20 мм. В большинстве случаев это моноклинный пироксен, часто амфиболизированный, карбонатизированный и хлоритизированный. Плагиоклаз образует кристаллы равноидиоморфные с пироксеном. Титаномагнетит и редкие сульфиды развиваются в виде ксеноморфных одиночных зерен или пятнистых сгустков изометричной или удлиненной формы.

Плотность габбро-диабазов от 2,65 до 3,15 г/см^3 при средней 2,85 г/см^3. Магнитная восприимчивость 88% образцов - от 0 до $1500 \cdot 10^{-6}$СГС, остальных - до $11000 \cdot 10^{-6}$СГС.

Петрографический состав пород изучали по керну скважин, пробуренных в 1971 г. ЗГТ . В скважинах, расположенных на западном контакте (рис.1), отмечено чередование слоев пироксенитов и габбро-норитов. Мощность слоев меняется от 1 до 15 м и более. В скважинах южного контакта также отмечается расслоение в толще ультраосновных пород. Так, в скважине 11 установлено чередование слоев перидотита и оливинита, а в скважине 10 слои перидотита чередуются со слоями пироксенита и оливинита (рис.2).

В структурном отношении Бураковско-Аганозерский массив приурочен к области так называемой „Большой флексуры", намеченной А.А.Полкановым (1956 г.) в области сочленения Балтийского щита и Русской платформы.

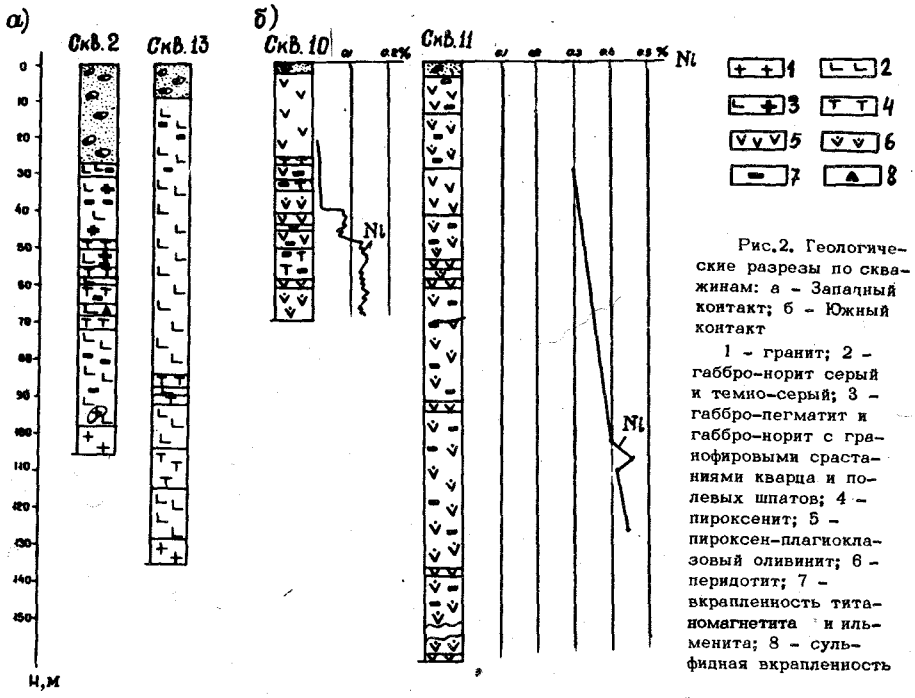


Рис.2. Геологические разрезы по скважинам: а – Западный контакт; б – Южный контакт

1 – гранит; 2 – габбро-норит серый и темно-серый; 3 – габбро-пегматит и габбро-норит с гранофировыми срастаниями кварца и полевых шпатов; 4 – пироксенит; 5 – пироксен-плагиоклазовый оливинит; 6 – перидотит; 7 – вкрапленность титаномагнетита и ильменита; 8 – сульфидная вкрапленность

В районе широко развиты четвертичные образования, достигающие мощности 50 м. Единичные обнажения и немногочисленные скважины ограничивают возможность решения задач геологического картирования масштаба 1:50000 с помощью геологических методов, поэтому представление о геологическом строении района составлено по геофизическим данным и в первую очередь по материалам гравитационной и магнитной съемок.

Геологическое строение массива наиболее полно отражено в магнитном поле. Так, приконтактовая часть, сложенная ультраосновными породами, чередующимися с габбро-норитами, отмечается магнитным полем интенсивностью от 2000 до 3000 гамм (рис.3, 4). Магнитное поле в пределах приконтактовой части характеризуется изрезанностью, которая объясняется чередованием основных и ультраосновных пород. Видимая мощность этой зоны меняется от 0,5 до 1,6 км (см.рис.1).

Участки пониженного магнитного поля (до 1000–1500 гамм) связаны с областью развития габброидов, слагающих центральную часть массива. Отдельные участки, обогащенные вкрапленностью магнетита и имеющие магнитную восприимчивость до $(8000–13000)10^{-6}$СГС, создают аномалии ΔZ до 4000–5000 гамм.

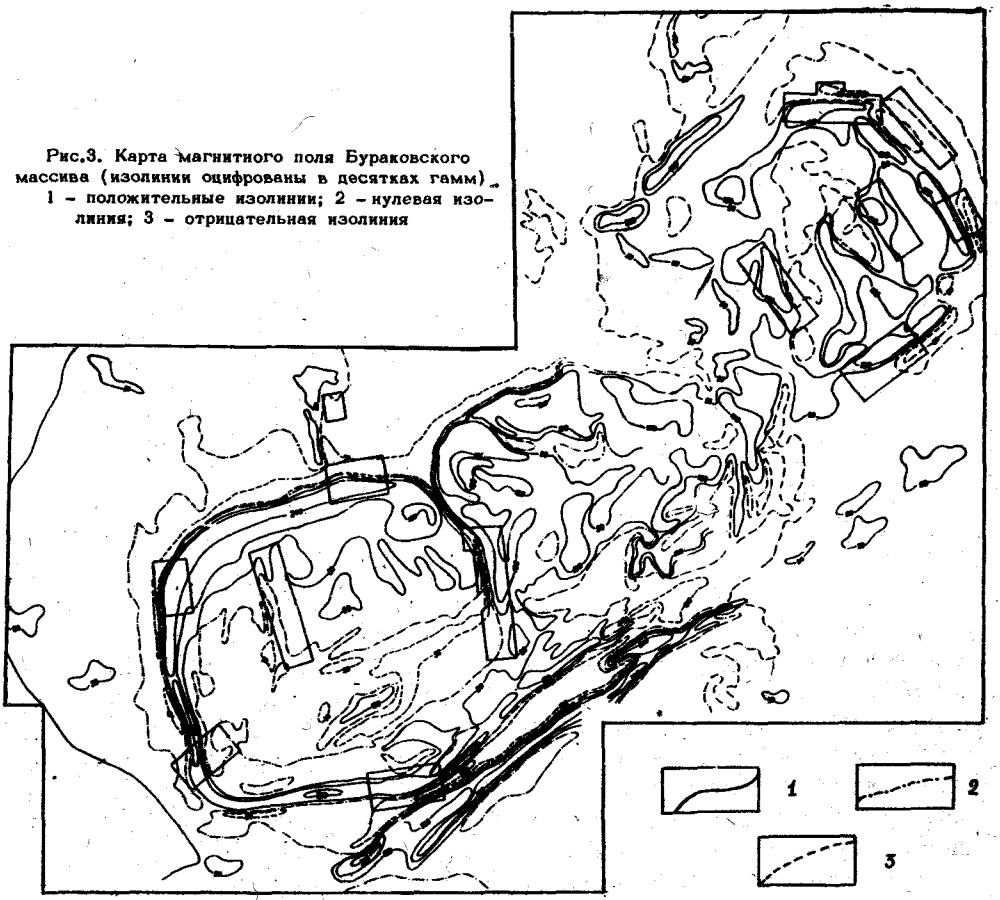


Рис.3. Карта магнитного поля Бураковского массива (изолинии оцифрованы в десятках гамм). 1 – положительные изолинии; 2 – нулевая изолиния; 3 – отрицательная изолиния

Зоны тектонических нарушений проявляются в виде линейных отрицательных аномалий. Наиболее крупные из них делят зону на три части: Бураковскую (западную), Центральную и Аганозерскую (северо-восточную).

Среди гранитов выделены участки развития габбро-диабазов. В северо-западной части района работ переменным магнитным полем от -500 до +2000 гамм отмечаются габбро-диабазы, залегающие в виде покрова. В юго-восточной части района интенсивной магнитной аномалией отмечаются габбро-диабазы, приуроченные, вероятно, к тектоническому нарушению. Они имеют ограниченную вертикальную мощность и падение на юго-восток под углом 45-60^0 (см.рис.1, 3, 4). Серией меридиональных тектонических нарушений они разбиты на блоки.

Представление о глубинном геологическом строении получено по гравиметрическим и магнитометрическим данным (рис.4). При расчете формы поперечного сечения избыточная плотность, соответствующая средневзвешенной плотности для Бураковской части, принята +0,40 г/см^3. Истинная избыточ-

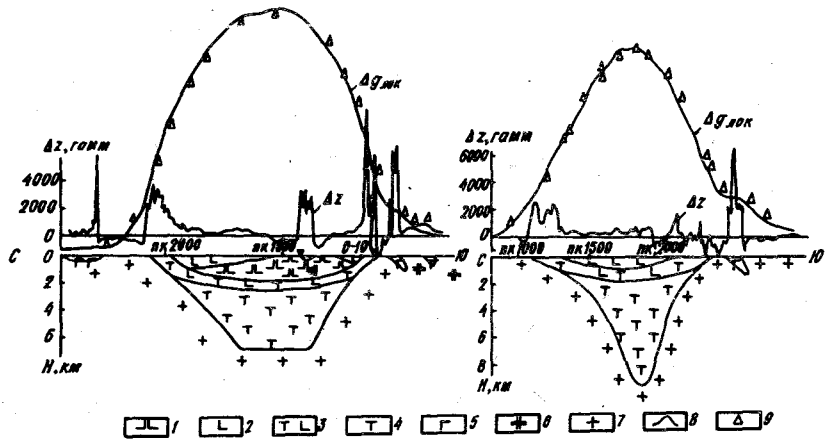


Рис.4. Геологические разрезы по геофизическим данным: а – профиль 1; б – профиль 2
1 – габбро-норит измененный темно-коричневый; 2 – габбро-норит лейкократовый серый; 3 – ультраосновные породы, перемежающиеся с габбро-норитами; 4 – пироксениты, оливиниты, перидотиты; 5 – габбро-диабазы; 6 – граниты микроклиновые; 7 – граниты; 8 – кривая $\Delta g_{лок}$; 9 – расчетные значения $\Delta g_{лок}$

ная плотность для каждого разреза должна быть индивидуальной. Однако отсутствие данных о физических свойствах горных пород Центральной и Аганозерской частей обязывает принять одинаковую плотность. Если плотность Центральной и Аганозерской частей больше принятой, то глубина нижней кромки будет меньше (при избыточной плотности +0,60 г/см^3 вертикальная мощность Центральной части не более 3 км, а Аганозерской – около 4 км), но общая форма сечения аномального объекта останется той же.

На основании большего количества ультраосновных пород в Аганозерском блоке по сравнению с Бураковским, можно предположить, что массив сформировался в процессе кристаллизационной дифференциации внедрившейся магмы и приобрел форму расслоенного интрузива, расколотого в дальнейшем на три блока, и следует допустить, что Аганозерский блок приподнят и более эродирован по сравнению с Бураковским. Таким образом, в современном виде имеются блоки с различными уровнями эрозионных срезов.

Данные по геологическому строению и минералого-петрографическим особенностям пород Бураковского массива подчеркивают главную особенность комплекса – наличие мощной серии расслоенных ультраосновных пород, перекрывающихся слабо расслоенными основными породами. По этому признаку рассматриваемый массив интересно сопоставить с расслоенными интрузивами типа Бушвельд, Великая Дайка, Бей-оф-Айленд и др. [5, 8, 9]. В качестве примера Бураковский массив по минералого-петрографическим признакам сравнивается с достаточно хорошо изученным массивом Бушвельд [4].

Из таблицы видно, что направление изменения состава пироксенов и плагиоклазов для сравниваемых массивов вверх по разрезу идентично. Аналогичные закономерности установлены и для других расслоенных массивов.

Сопоставление минералого-петрографической характеристики пород

Бушвельдского и Бураковского массивов

Зона	Бушвельдский массив				Бураковский массив (по В.Ф.Барабанову, 1973 г.)			
	Порода	Плагиоклаз (An,%)	Слабоизвестковистый пироксен (Mg:Fe:Ca)	Известковистый пироксен (Ca:Mg:Fe)	Порода	Плагиоклаз An,%	Слабоизвестковистый пироксен (Mg:Fe:Ca)	Известковистый пироксен (Ca:Mg:Fe)
Верхняя	Ферродиорит	30–53	41:51:8	38:33:29	Диориты	30–45	Нет определений	Нет определений
Главная	Габброиды	56–73	60:37:3 72:62:2	40:42:18 43:45:12	Габброиды	45–57	65:30:5 62:32:6	33:43:24 37:44:18 34:45:17
Критическая	Хромитовые, плагиоклазовые, оливиновые, авгитовые кумулаты	76–78	78:19:3 75:23:2	44:47:19 44:46:10	Пироксенит Перидотит Оливинит	Зональный 25–50	72:20:8 78:17:5	37:50:13 38:52:10

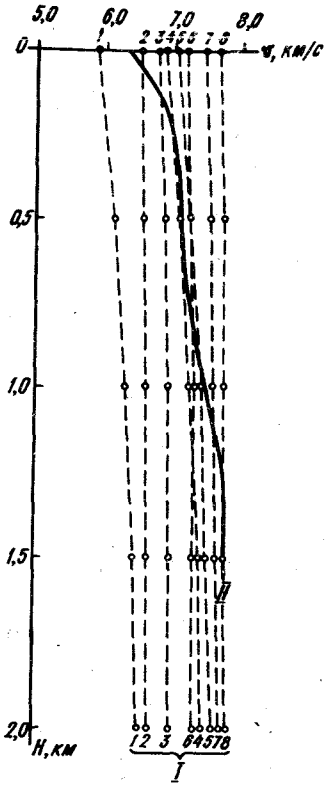


Рис.5. Характер изменения скорости с глубиной

I – лабораторные определения на образцах: 1 – норит оливинсодержащий (Сопча); 2 – габбро-норит измененный (Ниттис-Кумужья); 3 – норит меланократовый (Нюд); 4 – оливиновый пироксенит (Сопча); 5 – перидотит плагиоклазовый (Ниттис-Кумужья); 6 – пироксенит (Ниттис-Кумужья); 7 – перидотит (Ниттис-Кумужья); 8 – оливиновый пироксенит (Сопча); II – v (H) по рефрагированным волнам, наблюдаемым на площади Бураковского массива

Согласно имеющимся данным по расслоенным интрузивам подобного типа [4, 9], донные части Бураковского массива должны быть сложены ультраосновными породами. Следовательно, расслоенные интрузивы должны характеризоваться увеличением скорости распространения упругих колебаний с глубиной.

Действительно, при сейсмических исследованиях в западной части массива для волн, преломленных на поверхности коренных пород, установлен эффект рефракций, который использован для определения зависимости скорости v от глубины – на глубине 1,3 км скорость достигала 8 км/с (рис.5). Изменение скорости с глубиной (по лабораторным определениям на образцах) для пород Мончегорского плутона [3] свидетельствует, что увеличение v с глубиной является следствием повышения основности пород. Следовательно, на глубине 1,3 км залегают гипербазиты (базальная зона).

По керну из скважин, пробуренных на Бураковском массиве, определена скорость продольных волн. Небольшой объем определений не позволяет обоснованно установить корреляцию между величиной скорости и составом пород. Отмечается лишь существенное снижение скорости в образцах, характеризующихся процессами серпентинизации и хлоритизации. Явление снижения скорости на отдельных участках приконтактовой зоны до 6 км/с отмечено и на Аганозерском блоке. В то же время неизменные габбро-нориты имеют значение скорости 7,0–7,7 км/с.

Сопоставляя полученные геологические данные с геологией известных расслоенных интрузивов (Великая Дайка, Бушвельд, Бей-оф-Айленд и др.), можно найти много сходных черт как в форме залегания интрузива, так и в составе горных пород.

1. Разрез поперечного сечения аналогичен разрезу Садбери, Великой Дайки, Бей-оф-Айленда и других расслоенных интрузивов [8, 9].

2. Породы массива залегают в определенной последовательности: сверху габброиды (главная зона), затем породы переходной зоны и в основании массива базальная зона. Подобное залегание пород установлено на многих расслоенных массивах [4].

3. Основность плагиоклазов и магнезиальность пироксенов с увеличением глубины постепенно увеличивается. Аналогичная тенденция отмечена в Скергаардском и Бушвельдском интрузивах [4].

Поскольку форма интрузива определена как большой лополит, то предложено и называть его не „Бураковско-Аганозерской зоной основных-ультраосновных пород", а Бураковским лополитом или интрузивом.

Вопрос о том, является ли Бураковский интрузив расслоенным, приобретает важное значение в связи с выбором направления поисковых работ. На основании сходства с известными никеленосными интрузивами можно допустить, что если переходная зона Бураковского интрузива может быть сопоставлена с критической серией, то горизонт обогащения сульфидами меди и никеля может находиться вблизи границы переходной и габбро-норитовой зон [4, 5]. Не исключено, что обогащение сульфидами следует ожидать только в ультраосновных породах, как это имеет место в месторождениях Мончегорска и Печенги [1].

В результате гидрогеохимической съемки выявлены аномалии повышенного содержания меди и никеля, приуроченные либо к породам переходной зоны, либо к зонам тектонических нарушений (см.рис.1). Помимо меди и никеля в воде обнаружены кобальт, марганец, барий, серебро, цинк, свинец, лантан.

Фоновое содержание меди и никеля составляет 3-8 мкг/л, а аномальные значения 15-20 мкг/л. Величина аномалий невелика. Однако надо учитывать, что условия применения гидрогеохимического опробования не совсем благоприятны из-за мощной морены.

Приуроченность гидрохимических аномалий к зонам тектонических нарушений и их комплексный характер указывают на глубинность рудной минерализации.

Работы должны быть ориентированы на поиски глубинного оруденения в пределах переходной и базальной зон. Методикой поисковых работ должно предусматриваться выявление сплошного и вкрапленного оруденения [2,6] . Геофизическим методом, позволяющим решать эту геологическую задачу, является метод вызванной поляризации.

Литература

1. Елисеев Э.Н. Геохимия главнейших сульфидных медно-никелевых провинций СССР. В кн.: „Проблемы геохимии", вып.1, Львовск. гос. ун-т, 1959.

2. Зербригг Х. Месторождение Фруд-Стоуби. В кн.: „Структурная геология рудных месторождений Канады. Симпозиум". М., „Мир", 1964.

3. Исследование скорости упругих волн в ультраосновных породах Мончегорского плутона в условиях всестороннего давления. ДАН СССР, т. 155, вып. 5, 1964. Авт.: Г.Д.Афанасьев, М.П.Воларович, Е.И.Баюк, Н.Е.Галдин.

4. Уэйджер Л., Браун Г. Расслоенные изверженные породы. М., „Мир", 1970.

5. Cooper J.R. Nfld. Dept. Nat. Res. Ged. Sec. Bull., 4, 1936.

6. Hawley J.E. Min. Ass. Can., 1962.

7. Stumpfl E.F. Mineral. mag., 32, 1961.

8. Weiss O. Trans. of the Geol. S.S. Afr. V. XLIII, 1941.

9. Wilson H.D. Bull. Geol. Am. V. 67, N 3, 1956.