

В. Д. СУВОРОВ, А. Б. КРЕЙНИН, И. В. ПОДВАРКОВА,
В. С. СЕЛЕЗНЕВ, В. М. СОЛОВЬЕВ, В. Ф. УАРОВ, С. Д. ЧЕРНЫЙ

ГЛУБИННЫЕ СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОФИЛЮ ТАС-ЮРЯХ — АЛМАЗНЫЙ — МАЛЫКАЙ

(Западная Якутия)

Получен сейсмический разрез земной коры и верхов мантии по профилю, пересекающему район Мирнинского кимберлитового поля в субширотном направлении. Приведены новые данные об особенностях строения верхов мантии и верхней части консолидированной коры. Устанавливается повышенная гетерогенность глубинных недр в районе проявления кимберлитового магматизма.

Рассматриваемые материалы являются результатом продолжающихся исследований строения земной коры и верхов мантии в районе Мирнинского кимберлитового поля в Западной Якутии, которые выполняются Институтом геологии ЯФ СО АН СССР, ИГиГ СО АН СССР и Иреляхской геофизической экспедицией ПГО Якутскгеология. Используется методика дифференциальных сейсмических зондирований [3] с применением аппаратуры «Тайга». Предыдущими работами по субмеридиональному профилю Олгуйдах — Мирный — Ленск [4, 8] и площадными исследованиями [6] установлено сложное распределение граничной скорости (v_r)

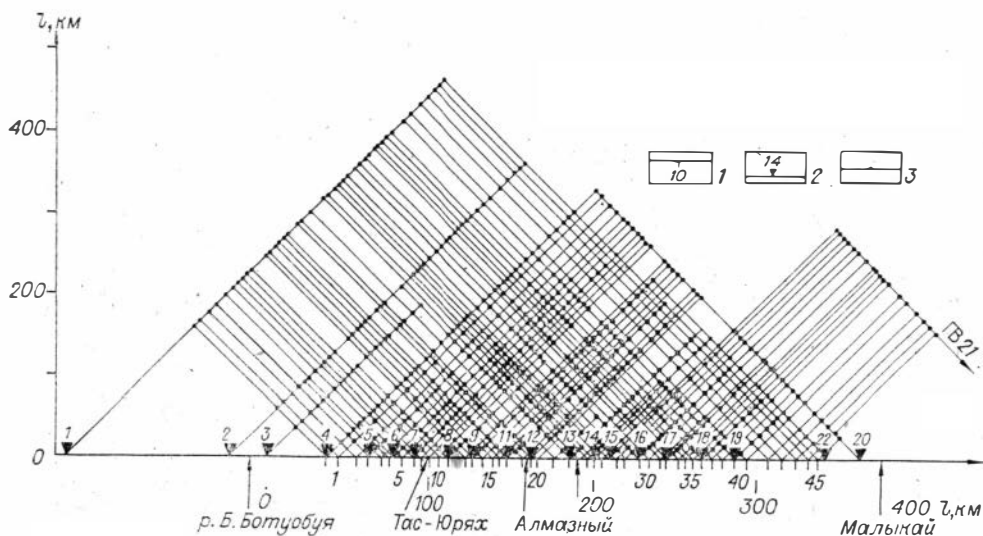


Рис. 1. Система наблюдений.

1 — расстановки регистраторов, 2 — пункты взрыва, 3 — центры зондирования. Короткой стрелкой указано пересечение с профилем Олгуйдах — Мирный — Ленск [4, 8].

по поверхности Мохоровичича (М) в диапазоне от 7,9—8 до 8,6—8,9 км/с. Отмечены аномальные особенности в строении земной коры.

Задачей исследований по рассматриваемому субширотному профилю Тас-Юрях — Алмазный — Малькай (длиной около 400 км) являлось получение дополнительных сведений об особенностях строения земной коры и верхов мантии и уточнение результатов площадных исследований [6]. Профиль расположен к югу от кимберлитового поля и значительной своей частью проходит по зоне с $v_r \approx 7,8—8,2$ км/с, окаймляющей участок с аномально высокой граничной скоростью $\sim 8,7—8,9$ км/с на поверхности М. Он пересекает также область с аномальным строением нижней части земной коры, выделенную в центральной части профиля Олгуйдах — Мирный — Ленск.

Система наблюдений по профилю представлена на рис. 1. Регистраторы расставлялись с шагом 5—8 км. Взрывной интервал составлял 15—20 км, для выносных источников возбуждения — 40—120 км. Максимальное удаление взрыв — прием достигает 480 км. Упругие колебания возбуждались рассредоточенными по площади тротильовыми зарядами в мелких (глубиной до 1,5—2 м) водоемах. Общий вес заряда в зависимости от расстояния взрыв — прием изменялся от 1,5 до 6 т. Длина шестиканальных сейсмических установок 0,5 км. Группирование приемников сосредоточенное по пять приборов С2-05.

Основные кинематические особенности годографов опорных волн от кровли и подошвы земной коры практически такие же, как на профиле Олгуйдах — Мирный — Ленск [4, 8] и при площадных исследованиях [6]. Поэтому приведем только краткую их характеристику.

Для преломленных волн от поверхности фундамента ($P_{пр}^{\phi}$) выделяемых в интервале удалений от источника 30—100 км, характерна непараллельность нагоняющих годографов, свойственная рефрагированным волнам. В предположении, что скорость с глубиной нарастает по линейному закону [2], для относительного среднего градиента скорости получаем оценку, равную $0,0038$ км⁻¹. При этом глубина проникания для удаления взрыв — прием $l \sim 30$ км составляет 0,2 км, а при $l \sim 60$ км может достигать 1,0 км. Амплитудные графики волны $P_{пр}^{\phi}$, также построенные по методике предложенной в работе [1], свидетельствуют о проникании волны в толщу фундамента. Учитывая это, свойства поверхности фундамента определяли по участкам годографов, наименее удаленных от источника.

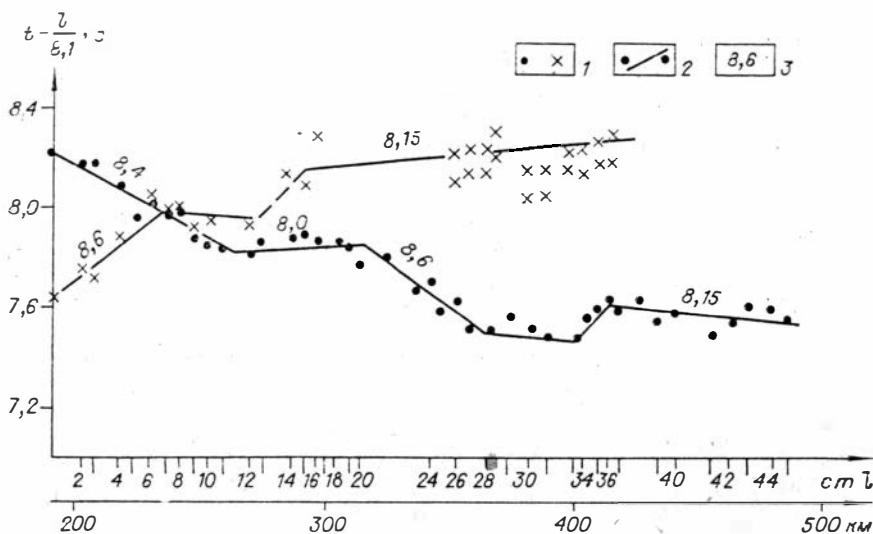


Рис. 2. Сводные годографы преломленных волн $P_{пр}^M$ в редуцированном масштабе времен для пунктов взрыва 1 и 20.

1 — времена регистрации волны на прямых и встречных годографах; 2 — осредняющая линия; 3 — значение кажущейся скорости, км/с.

Попытка корреляции преломленной волны от границы I, залегающей в толще фундамента на глубине 6—12 км, выделенной на профиле Олгуйдах — Мирный — Ленск, по данному маршруту не привела к успеху. Записи этой волны, аналогичны приведенным в работе [4], наблюдаются лишь на отдельных сейсмограммах. Чаще всего в последующих вступлениях наблюдается несколько конкурирующих волн примерно одинаковой интенсивности и кажущейся скорости. Вероятно, что это обусловлено более сложным строением поверхности фундамента в субширотном направлении, чем в субмеридиональном.

Отраженная волна от поверхности M ($P_{отр}^M$) достаточно надежно выделяется в интервалах удалений взрыв — прием 100—160 км на восточной и западной частях профиля. Невыдержанностью записей волны $P_{отр}^M$ характеризуется центральная часть профиля на участке протяженностью ~60 км между пунктами взрывов 11 и 14 (см. рис. 1). Основной особенностью является здесь наличие четких волн на удалениях взрыв — прием 100—120 км. С увеличением расстояния в интервале ожидаемых времен регистрации волны $P_{отр}^M$ появляются дополнительные группы интенсивных регулярных колебаний, что не позволяет выполнить однозначное построение годографов. Аналогичная волновая картина отмечена и по профилю Олгуйдах — Мирный — Ленск на участке протяженностью ~25 км [4]. Эти аномальные особенности, по-видимому, указывают на существование неоднородностей в земной коре и верхах мантии.

Преломленная волна от поверхности M ($P_{пр}^M$) прослежена в первых вступлениях в интервале удалений от источника 200—480 км. Корреляция ее на сейсмограммах особых трудностей не вызывает. Нагоняющие годографы практически параллельны (с разбросом времен не более 0,1 с) и имеют сложную форму (рис. 2). Согласованность крупных особенностей полученных встречных годографов представляется удовлетворительной. Так, ступенеобразное увеличение времен пробега волны по прямому годографу на участке расстановки регистраторов 33—36 (рис. 2) соответствует уменьшению времен по встречному годографу на расстановках 12—15 (удвоенный сейсмический снос ~120 км.). Эта особенность проявляется и на временах пробега отраженных волн. Есть соответствие и в расположении отрезков годографов волны $P_{пр}^M$ с повышенными значениями кажущейся скорости ~8,6 км/с, заметно выделяющимися на фоне значений ~8,1—8,2 км/с.

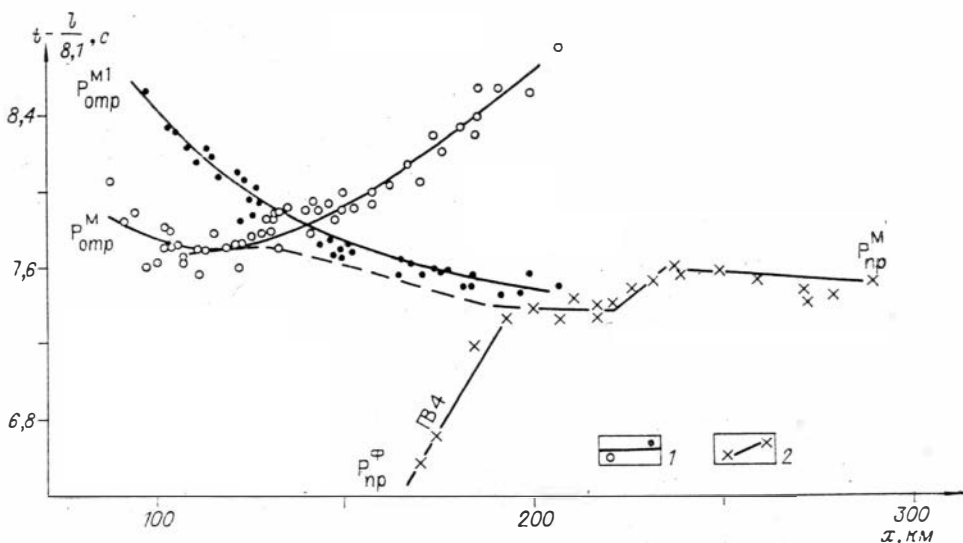


Рис. 3. Обобщенные годографы волн $P_{отр}^M$, $P_{отр}^{M1}$, $P_{пр}^M$ и $P_{пр}^Ф$ для юго-западной части профиля.

1 — времена вступлений волн $P_{отр}^M$, $P_{отр}^{M1}$; 2 — то же для волн $P_{пр}^M$ и $P_{пр}^Ф$; штриховой линией показано положение сводного годографа.

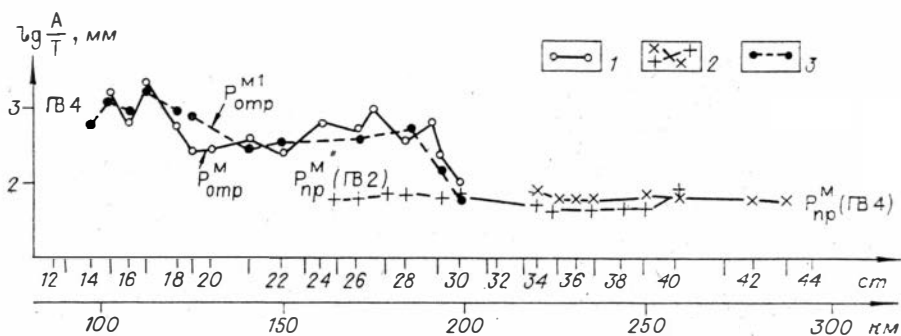


Рис. 4. Графики зависимости амплитуды волны: 1 — $P_{отр}^M$, 2 — $P_{пр}^M$ и 3 — $P_{отр}^{M1}$ от расстояния взрыв — прием для ПВ 4.

Выделена волна, которая может быть отнесена к отраженной от границы, расположенной внутри верхней мантии ($P_{отр}^{M1}$). Она наблюдается на западной части профиля и уверенно выделяется на удалениях от источника возбуждения 140—190 км, когда она является первой интенсивной волной на сейсмограмме с высокой кажущейся скоростью. На меньших удалениях 100—130 км ее корреляция затрудняется тем, что она регистрируется позднее волны $P_{отр}^M$. Но и здесь на многих сейсмограммах она имеет выразительный характер. Рис. 3 иллюстрирует взаимное расположение обобщенных годографов рассматриваемых волн. Наименьшее значение кажущейся скорости волны $P_{отр}^{M1}$ равно $\sim 8,6$ — $8,7$ км/с. С уменьшением расстояния взрыв — прием ее значение плавно увеличивается.

На рис. 4 приведены амплитудные графики для рассматриваемых волн, полученных с ПВ 4. Значения амплитуд A и видимых периодов T (последние практически постоянны для всех расстояний) являются средними для сейсмограммы (по шести каналам). Данные получены при записи в полосе частот 4—14 Гц. Эти графики указывают на то, что волна $P_{отр}^{M1}$ на наиболее удаленном участке годографа не может быть преломленной волной от раздела M , хотя их кажущиеся скорости близ-

ки. Остается отметить не очень понятную причину резкого спада интенсивности волн $P_{отр}^m$ и $P_{отр}^{m1}$ на расстоянии около 190 км от источника.

Таким образом, доминирующая интенсивность волны и гиперболичность годографа дают основание считать рассматриваемую волну $P_{отр}^{m1}$ отраженной.

Построение поверхности фундамента (Φ) по данным волны $P_{пр}^{\Phi}$ проводилось способом t_0 . Средняя скорость в осадочном чехле по скважинным измерениям изменяется от 4,9 до 5,1 км/с. На северо-восточной части профиля в районе Ыгыаттинской впадины при расчете глубин залегания поверхности Φ учитывалось преломление на отражающем горизонте К (прослеживается по данным сейсморазведки МОВ), разделяющим мезозойские отложения со средней скоростью 4,0 км/с от палеозойских с пластовой скоростью 5,3 км/с.

Интерпретация данных отраженной волны $P_{отр}^m$ проведена способами, используемыми в методике дифференциальных зондирований [3]. В центральной части профиля проведена приближенная оценка интервала глубин, где возможно расположение неоднородности, обусловившей рассмотренный выше аномальный характер волновой картины. Для этого при значениях эффективной скорости 6,3 и 6,6 км/с рассчитаны глубины залегания элементарных отражающих площадок, соответствующих временам вступлений всех динамически выраженных групп колебаний. Полученные глубины залегания отражающих площадок находятся в интервале глубин 30—50 км, где, по-видимому, и расположены неоднородности в разрезе.

Разрез по данным волны $P_{пр}^m$ построен одним из вариантов способа сопряженных точек [5] со средней скоростью в толще земной коры, равной 6,5 км/с. Граничная скорость рассчитывалась по кажущимся скоростям на участках встречных годографов, соответствующих одним и тем же участкам границы. На краях профиля, где встречные годографы отсутствовали, граничная скорость определена при условии, что рельеф границы М известен по данным отраженных волн.

Глубина залегания границы в толще пород верхней мантии М₁ получена с учетом преломления на поверхности М. Результаты интерпретации представлены в виде сейсмического разреза на рис. 5.

Профиль пересекает две крупные структуры по поверхности фундамента — Ботубинскую седловину и северный склон Ыгыаттинской впадины. В пределах первой глубина залегания фундамента плавно изменяется от 1,5 до 2,3 км. Фиксируются два антиклинальных поднятия с амплитудой 0,2—0,3 км, в пределах которых по отражающему горизонту КВ известны Среднеботубинская (100—120 км профиля) и Нелбинская структуры (150—180 км). Небольшое локальное поднятие по разделу Φ намечается в начале профиля в окрестности скв. 10. Несовпадение глубин по скважинам и сейсмическим данным не превышает 0,2 км и обусловлено как несовпадением расположения скважин с профилем, так и влиянием погрешностей. В пределах Ыгыаттинской впадины фундамент погружается до 5 км, образуя локальные структурные особенности. На Ботубинской седловине мощность слоя пород между горизонтом КВ и разделом Φ достигает в прогибах фундамента 0,5 км, значительно выклиниваясь на поднятиях. В северо-восточной части профиля мощность этого слоя возрастает до 2 км.

По характеру распределения граничной скорости на поверхности Φ обособляется участок профиля между скв. 44 и Нелбинской-1 (Н-1), где наблюдается контрастное ее изменение от 6,2 до 6,6 км/с. Значение $v_r = 6,6$ км/с на участке протяженностью 15 км является аномальным. Другие части профиля характеризуются выдержанными значениями v_r , изменяющимися от 6,15 до 6,3 км/с.

Рассмотренные данные достаточно хорошо согласуются с результатами предыдущих работ [4, 6, 8]. Зоны повышенной и пониженной скорости, имеющие субмеридиональную вытянутость, выделенные по мате-

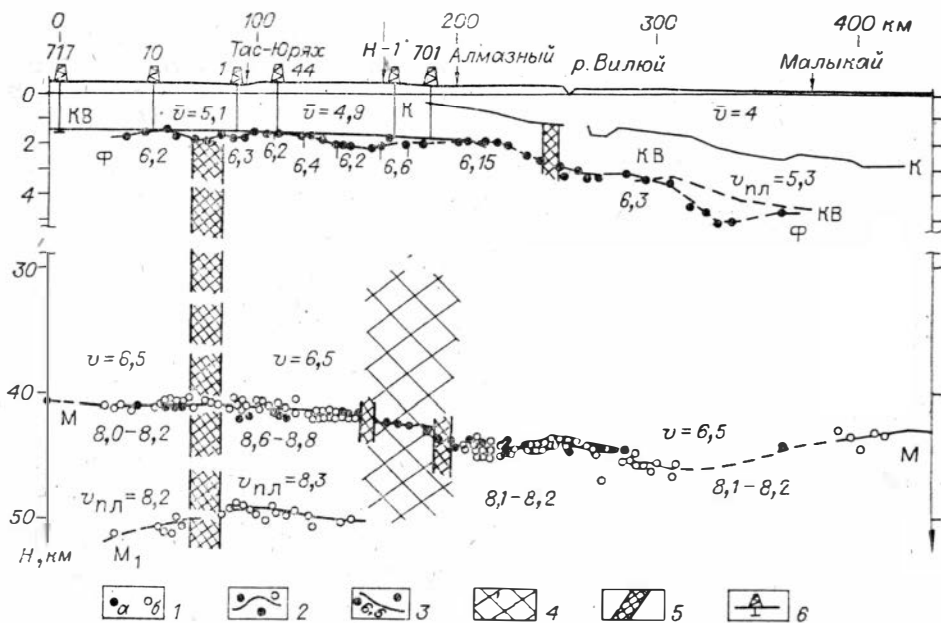


Рис. 5. Сейсмический разрез.

1 — глубины по данным преломленных (а) и отраженных (б) волн; 2 — сейсмические границы (штриховые — по неуверенным данным); 3 — значения граничной скорости, км/с; 4 — коромантийная неоднородность; 5 — возможные зоны разломов; 6 — скважины, вскрывшие фундамент; v , $v_{пл}$ — средние (эффетивные) и пластовые скорости, км/с. Длинной стрелкой указано пересечение с профилем Олгуйдах — Мирный — Ленск.

риалам площадных наблюдений, находят отражение и на профилях. Субмеридиональная зональность строения кристаллического фундамента, по-видимому, обуславливает трудности, не позволившие выполнить построение преломляющей границы I на рассматриваемом профиле. Аномальные значения скорости $\sim 6,6$ км/с по поверхности фундамента указывают на возможное проникновение высокоскоростных пород с глубины 6—8 км до уровня поверхности Ф.

Рельеф поверхности Мохоровичича вдоль профиля относительно прост. С юга-запада на северо-восток глубина ее залегания увеличивается от 41 до 46 км, а затем вновь уменьшается до 42—43 км (см. рис. 5). В районе пос. Алмазный по данным преломленных волн отмечается резкое погружение раздела М на 2 км. Оно соответствует увеличению времен пробега волны $P_{пр}^M$ на 0,2 с в районе расстановок регистраторов 34—37 (см. рис. 2). Западный (приподнятый) и восточный (опущенный) участки поверхности М разделены областью, в которой отмечается сложное изменение динамических и кинематических параметров глубинных отраженных волн, по-видимому, обусловленных существованием коромантийных неоднородностей в интервале глубин 30—50 км.

Распределение граничной скорости по разделу М практически полностью соответствует данным площадных исследований [6]. Юго-западный участок профиля (0—75 км) характеризуется граничной скоростью 8,0—8,2 км/с, которая в зоне Ахтарандинского глубинного разлома, выделяемого по геологическим и геофизическим данным [7], возрастает до 8,6—8,8 км/с. Участок с повышенной скоростью ограничивается на северо-востоке областью с аномальной волновой картиной, в пределах которой и далее значение граничной скорости равно 8,1—8,2 км/с.

Новая информация получена по данным отраженной волны от границы M_1 , залегающей в толще пород верхней мантии на глубине около 50 км (см. рис. 5). Интересно, что этот раздел прослеживается как на участке с повышенной граничной скоростью по границе М, так и с нормальной. Далее по профилю на северо-восток проследить эту границу не удалось. Пластовая скорость в слое между разделами М и M_1 на

участке с v_r — 8,6—8,8 км/с на 0,3—0,5 км/с меньше, чем вдоль его кровли. Такое различие на участке с $v_r \approx 8,0$ —8,2 км/с практически отсутствует. Таким образом, слой пород с аномально высокой скоростью является достаточно тонким, видимо не более 3—5 км. Кроме того, можно предполагать, что скорость распространения упругих волн в породах глубже границы M_1 меньше, чем в рассматриваемом слое. В противном случае в первых вступлениях должна быть преломленная волна с еще более высокой (чем 8,6—8,8 км/с) скоростью, что не наблюдается. Этими данными можно объяснить отсутствие в гравитационном поле эффектов, обусловленных наличием в разрезе больших по мощности высокоскоростных (соответственно и высокоплотных) пород верхней мантии.

Результаты, полученные по профилю Тас-Юрях — Алмазный — Малыкай, подтверждают данные площадных исследований [6]. Это подчеркивает высокую эффективность площадных систем наблюдений. Можно считать обоснованной возможность надежного выделения и трассирования в плане аномальных особенностей граничной скорости по поверхности M размером в поперечнике не менее 20—30 км. Аналогичный вывод можно сделать и по отношению к изучению свойств поверхности фундамента. Кроме того, обнаружен ряд новых особенностей земной коры и верхов мантии, которые дополняют уже имеющиеся сейсмические данные о повышенной гетерогенности глубинного строения района Мирнинского кимберлитового поля. Пространственная приуроченность аномальных свойств среды к участку проявления кимберлитового магматизма позволяет предполагать их причинную связь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авербух А. Г. Интерпретация материалов сейсморазведки преломленными волнами. — М.: Недра, 1975.
2. Пурызов Н. Н. Об интерпретации данных метода преломленных волн при наличии градиента скорости в нижней среде. — Геология и геофизика, 1960, № 10.
3. Пузырев Н. Н. Методика рекогносцировочных глубинных сейсмических исследований. — Новосибирск: Наука, 1975.
4. Суворов В. Д. и др. Глубинные сейсмические исследования по профилю Олгуйдах — Мирный — Ленск. — Геология и геофизика, 1983, № 9.
5. Суворов В. Д., Сергеев В. Н. Интерпретация данных многократных систем наблюдений преломленных волн. — Геология и геофизика, 1982, № 6.
6. Суворов В. Д. и др. Площадные глубинные сейсмические зондирования на юге Западной Якутии. — Геология и геофизика, 1985, № 1.
7. Тектоническая карта Якутской АССР. М-б 1:1 500 000 (Объяснительная записка). — Якутск, 1973.
8. Уаров В. Ф. Сейсмические особенности верхней мантии в Западной Якутии. — Геология и геофизика, 1981, № 9.

ИГ ЯФ СО АН СССР
ПГО Якутскгеология, Якутск
НОМВЭ, Новосибирск

Поступила в редакцию
14 февраля 1985 г.

V. D. Suvorov, A. B. Kreinin, I. V. Podvarkova,
V. S. Seleznev, V. M. Solovjov, V. F. Uarov, S. D. Cherny

DEEP SEISMIC SURVEY ALONG THE PROFILE
OF TAS-YURYAKH — ALMAZNY — MALYKAI

(Western Yakutiya)

Seismic section of the earth crust and upper mantle has been obtained along the profile crossing sublatitudinally the region of the Mirny kimberlite field. New data are presented on the features of structure of the upper mantle and upper part of consolidated crust. High heterogeneity of interior part of the earth at depth is established in the region of kimberlite magmatism manifestation.