Введение

Урал — общепризнанный мировой эта­лон палеозойских подвижных поясов, выдающаяся рудная провинция мира с классическими месторождениями черных и цветных металлов. Именно здесь, в старейшем горнорудном рай­оне Среднего Урала в пределах запад­ного крыла Тагильского прогиба, яв­ляющегося генотипической эвгеосинклинальной зоной, была заложена Уральская сверхглубокая скважина СГ-4 проектной глубиной 15000 м. Не­маловажное значение при выборе ме­ста заложения имела хорошая геоло­го-геофизическая подготовленность района бурения. Точка заложения СГ-4 находится вблизи пересечения регио­нальных профилей ГСЗ.

Бурение СГ-4 начато 15 июня 1985 г опережающим стволом диаметром 215 мм скважина достигала глубины 4008 м. При этом бурение интервала 34—4008 м осуществлялось с непре­рывным отбором керна, средний выход которого составил 64,2%. С целью пре­одоления возникших в процессе про­ходки опережающего ствола геологиче­ских осложнений (сильное кавернообразование, интенсивное возрастание зе­нитного угла) произведено формирова­ние ствола диаметром 390 мм с после­дующим перекрытием интервала 0— 3942 м обсадной колонной диаметром 426 мм. В 1990 г. на скважине закон­чен монтаж буровой установки Уралмаш-15000, предназначенный для буре­ния до глубины 15 км, и продолжено дальнейшее углубление ствола. На 01.01.1999 г. глубина СГ-4 составила 5401 м.

1 Геологическое строение района заложения скважины СГ-4

Уральская сверхглубокая скважина (СГ-4), расположенная в 5 км западнее г. В. Тура Свердловской области, бурится с целью изучения земной коры в типичной структуре эвгеосинклинального типа развития. Проектная глубина скважины 15 км, бурение было остановлено на глубине 4008 м (для расширения ствола). В настоящее время глубина скважины около 5400 м. Бурение ведется со сплошным отбором керна, выход керна около 64 %.

Район бурения СГ-4 (рис.1) в геолого-структурном отношении отвечает среднеуральскому сегменту Тагило-Магнитогорской мегазоны палеозойского подвижного пояса Урала. С запада и востока она граничит соответственно с Западно-Уральской и Восточно-Уральской мегазонами, имеющими в основании древний кристаллический фундамент, тогда как в Тагило-Магнитогорской мегазоне он неизве­стен. Западной границей последней является Главный шов Урала, представляющий собой систему параллельных надвигов восточного падения, по которой Тагило-Магнитогорская мегазона надвинута на структуры Западно-Уральской мегазоны. Восточная граница Тагило-Магнитогорской мегазоны проходит по надвигу западного падения (рис. 2).

Тагило-Магнитогорская мегазона традиционно рассматривается как эталон структур эвгеосинклинального типа развития. Она сложена преимущественно вулканогенными толщами силура—карбона. Обра­зования, предшествующие им по возрасту, известны в восточной части Западно-Уральской мегазоны. Они представлены метаморфизованными в зеленосланцевой фации вулканогенно-песчано-алеврито-глинистыми толщами верхнего кембрия—ордовика. Вулканическая составляющая в низах разреза соответствует трахибазальтовой формации (колпаковская свита, С3—O1), в верхней части — базаль­товой (выйская свита, 02-3).

В составе Тагило-Магнитогорской мегазоны на Среднем Урале выделяются три зоны, различающиеся набором геологических формаций (с запада на восток): Кумбинская, Центрально-Тагильская и Красноуральская.

В крайней западной части Кумбинской зоны развит сложный по составу и строению комплекс эффузивных, субвулканических и гипабиссальных пород, который ранее при обычном стратиграфическом подходе подразделялся на диабазовую и кабанскую свиты, датируемые в интервале S1l1-2. В первую объединяются породы базальтового состава, среди которых наряду с лавами широко распространены интрузии в виде пакетов даек и силлов. Во второй, развитой восточнее, с эффузивными и интрузивными базальтами ассоциируют кислые породы, преимущественно в виде экструзий и субвулканических тел. С породами лавовой фации перемежаются песчаники, алевролиты, кремнистые сланцы. Общая мощность стра­тифицированных образований не менее 2000 м. Диабазовая и кабанская свиты отнесены к формации натриевых базаль­тов—риолитов. В поле их распространения располагается Арбатский массив (дунит-клинопироксенит-габбровая и габбро-диорит-плагиогранитовая формации S1l), отдельные мелкие тела габбро и плагиогранитов размещаются к западу и востоку от него.

Восточнее кабанского комплекса, отделяясь от него разломом, развиты отложения флишоидной толщи (S1l3-v21) *—* пара- и ортотуффиты, тефроиды алевролито-псаммитовой, реже псефитовой размерности и кремнисто-глинистые сланцы. Характерна темно-серая до черной окраска тонкообломочных пород, связанная с присутствием рассеянных сульфидов. В составе пирокластики встречаются породы от базальтов до дацитов. Мощность флишоидной толщи около 1000 м. Эта толща согласно перекрывается именновской свитой, в составе которой выделяются две толщи. Нижняя (S1l1-3-S1v22) имеет, как и нижележащая, флишоидный облик, но отличается увеличенной долей туфов и тефроидов и их размерности, отсутствием обломков дацитов. Ее мощность около 1500 м. Более молодой является толща с фауной верхнего венлока—лудлова, сложенная тефроидами пре­имущественно псефитовой размерности, иногда с грубой градационной слоистостью, с базальт-андезибазальтовым составом пирокластики. В верхах этой толщи общей мощностью до 2000 м обособляется пачка лав ( часто подушечных) того состава.

В полосе распро­странения именновской свиты вы­явлены многочисленные субвулка­нические тела — остатки вулка­нических аппаратов центрального типа, а также интрузии габбро и габбродиоритов (Тагиль­ский комплекс габбро-диорит-гранодиоритовой формации), по составу сходных с вмещающими вулканическими породами. Именновский комплекс полностью отве­чает определению андезит-базаль­товой формации и явился ее петротипом [Карта магматических формаций СССР, 1974].

В Центрально-Тагильской зоне наиболее ранние образования в осевой ее части представлены кар­бонатными отложениями венлока—лудлова, а в западной час­ти — гороблагодатской толщей (S2), сложенной преимуществен­но туфоконгломератами, туфопесчаниками, реже туффитами и туфами трахибазальтового со­става, в подчиненном объеме лавами. Мощность толщи 1650 м. Восточнее широкой полосой распространена туринская свита (S2p—D1l). Она сложена в основном подушечными лава­ми, гиалокластитами, туфами, тефроидами трахиандезитового, трахитового, реже базальтового и трахиандезибазальтового со­става и в небольшом объеме известняками. Мощность ее до­стигает 2—3 км. С вулканическими породами (выделяемыми в формацию калиевых базальтов—трахитов) ассоциируют комагматичные субвулканиче­ские тела, а также интрузии сиенитов Кушвинского и габбро Волковского массивов. Фунда­ментом туринской свиты являются карбонатные отложения венлока и лудлова, что и дает основание выделять самостоятельную Центрально-Тагильскую структурно-формационную зону. Гороблагодатская толща в нижней части синхронна с именновской свитой, в верхней — с турин­ской и рассматривается как фациальный аналог этих свит, формировавшихся на стыке Кумбинской и Центрально-Тагиль­ской зон.

Разрез Центрально-Тагильской зоны завершается краснотурьинской свитой (D1p-D2ef) вулканогенно-обломочных пород андезитового, андезибазальтового, андезидацитового состава, перемежающихся с туффитами, песчаниками, глинистыми сланцами, известняками. Вулканические образования этой свиты соответствуют базальт-андезитовой формации.

В Красноуральской зоне наиболее ранний комплекс — красноуральский, сопоставляемый по возрасту с кабанским. Однако он отличается от последнего более широким набором пород, среди которых преобладают дациты и андезидациты, что дает основание относить его к «непрерыв­ной» базальт-андезит-риолитовой формации. В качестве комагматичного ему рассматривается выделяемый под тем же названием интрузивный комплекс габбро-диорит-плагиогранитовой формации. Предположитель­но более молодой (S1l3—v2) является толща пород под названием липовской (по горе Липовой, где она хорошо обнажена). Границы ее с окружающими образованиями в плане проходят по разломам. В составе толщи, имеющей мощность до 2,5 км, ассоциируют высокомаг­незиальная бонинитовая серия и нормальная известково-щелочная, представленные преимущественно андезитами и дацитами, причем для первой серии характерны подушечные лавы и гиалокластиты, для второй — вулканогенно-обломочные фации . Более молодые об­разования Красноуральской зоны сопоставляются с именновской и туринской свитами, хотя отличаются от них по составу и возрасту . Завершается разрез краснотурьинской свитой.

Вопросы о соотношениях отдельных зон и геологических тел внутри Тагило-Магнитогорской мегазоны, о возрасте и природе ее фундамента, о глубине залегания базальтового слоя дискус­сионны, что нашло отражение в существовании целого ряда (не менее 9) моделей глубинного строения района бурения СГС-4. В соответствии с приверженностью авторов моделей к одной из двух существующих концепций развития Урала (классической геосинклинальной или мобилистской) все разнообразие моделей можно свести к двум группам. Согласно первой Тагило-Магнитогорская мегазона представляет собой синклинорную структуру с симметричным строением крыльев, заложенную на древнем кристаллическом фундаменте, едином с фундаментом Русской платформы. Тела отдельных вулканических формаций последо­вательно наслаиваются друг на друга, распространяясь на всю ширину мегазоны . Согласно второй группе моделей Тагило-Магнитогорская мегазона имеет сложное чешуйчато-блоковое строение и представляет собой агломерат зон, формировавшихся обособленно на меланократовом фундаменте океанического про­исхождения и сближенных впоследствии тектонически. Почти на половину своей ширины она надвинута на структуры Западно-Уральской мегазоны, под надвигом может находиться клин древнего кристаллического фундамента. Более обоснованный выбор какой-либо из существующих моделей глубинного строения Тагило-Магнито­горской зоны может быть сделан по результатам бурения СГ-4.

## 2 Цели и задачи СГ-4

Скважина заложена с целью изуче­ния строения земной коры и рудонос­ных комплексов внутриконтинентальных подвижных поясов эвгеосинклинального типа и предусматривает ре­шение следующих задач.

1. Изучение геологического разреза Тагильского прогиба и особенностей его геотектонического развития.

2. Установление состава, строения, возраста и природы фундамента; соотношение образований геосинклиналь­ного комплекса и фундамента; харак­тер и степень его переработки геосин­клинальным процессом.

3. Исследование глубинных процес­сов рудообразования, воссоздание мо­делей формирования типичных для прогиба месторождений и разработка новых методов эффективного прогноза и поисков минерального сырья.

4. Получение информации о физиче­ских свойствах пород на глубине, особенностях флюидного режима и приро­де сейсмических границ; выявление связи гравитационных, геотермических, геоэлектрических и магнитных полей с глубинным строением.

5. Выявление положения и морфоло­гии стратиграфических и других гра­ниц раздела вещественных комплексов и структурных этажей.

Перечисленным не исчерпывается многообразие исследовательских воз­можностей СГ-4, о чем свидетельствуют опыт Кольской и других сверхглубоких скважин, а также ознакомление с зарубежными программами научного бурения. Показателен пример немец­кой программы континентального бу­рения КТВ, в которой делается акцент на физическую и химическую сторону геологических явлений, изуче­ние современного состояния земной коры и современных геологических процессов. Признавая правомочность такого подхода, целевое назначение-СГ-4 можно определить как фундамен­тальные исследования физических в химических условий и процессов в глу­бинных частях земной коры для пони­мания структуры, состава, динамики и эволюции Уральского подвижного поя­са. Обращает внимание более кон­кретное звучание ряда научных задач, таких, как исследование глубин про­никновения и влияния циркулирующих в земной коре растворов на образова­ние месторождений минерального сы­рья, процессы деформации и конвек­ции, а также значение воды для дина­мических процессов, происходящих в. земной коре; изучение интенсивности дегазации и вещественного состава мантии Земли и континентальной ча­сти земной коры и др. Все это с поправкой на уральскую специфику спра­ведливо и для СГ-4.

Необходимо было создать условия для максимальной реализации познавательных возможностей скважины и сопровождающего ее комплекса работ, а именно: обеспечение современного (мирового) уровня исследований на самой скважине; создание адекватной системы комплексных геолого-геофизических исследований в околоскважинном пространстве; привлечение к ис­следованиям, анализу и обобщению результатов наиболее компетентных специалистов; создание при проведе­нии исследований обстановки гласно­сти и широкого сотрудничества.

# 4 Геологический разрез СГ-4

Исследования керна ствола и района заложения скважины проводится Уральской ГРЭ СГБ НПО «Недра» совместно с организациями соиспол­нителями ПГО «Уралгеология», КамНИИКИГС, ИГиГ УрО АН СССР, ИГ УрО АН СССР, ВСЕГЕИ, ЦНИГРИ, ИГЕМ, ИМГРЭ, ВНИИгео-информсистем, ПГО «Аэрогеология», НПО «Союзпромгеофизика» и др.

Вскрытый скважиной разрез пред­ставлен силурийскими вулканогенными и вулканогенно-осадочными образова­ниями, относимыми согласно современ­ной стратиграфической схеме к именновской свите (S1l3—S2ld).

Общее строение разреза, по результатам выполненной детальной документации керна, просмотра шлифов, вулкано-фациальных и геохимических исследований, установлено сле­дующее.

40—430 м — эффузивная толша в основном базальтовых, андезитобазальтовых лав, в инт. 130—252 м — также ферробазальтов и палеоисландитов;

430—3070 м — монотонная толша грубообломочных и агломерато-грубопесчаных туфов основного состава типично именновского облика: никак не обработанный шлаковый и миндалекаменный материал обильнокрупнопорфировых обычно плагиоклаз-двупироксеновых базальтов и андезитобазальтов, нередко со­держит примесь плагиофировых андезитов и калиевых базальтов и образует пласты и их серии мощностью 20—70 м, разделенные прослойками песчаных тефроидов, обычно слабо слоистых; на 1920—1940 м и около 3000 м появляются подводно-морские флишоиды с темными алевропелитами в верхах ритмов;

3070—3468 м — переслаивание туфов плагиофировых андезитов, местами с примесью базальтового материала и того же состава песчаных тефроидных флишоидов; с 3280 м туфы и тефроиды преимущественно более кислые — андезитодацитовые, часто с оби­лием витрокластики в виде обрывков и комочков пемз и перлитов;

3468—5006 м — флишоидное чередование туфов подводных пирокластических потоков однородно риодацитового состава (также с пемзами, перлитами и обилием осколков плагиоклаза), в инт. 3850—4297 м чаше всего повторно перемешенных как подводно-оползневые массы. Сопровождают их резко подчинен­ные по объемам более мелкопесчаные в разной степени отсорти­рованные флишоидные тефроиды того же состава и темные силициты верхов ритмов, содержащие конодонты граничных слоев лланловери и венлокского ярусов ран­него силура;

5006—5070 м — пачка темных зеленовато-серых силицитов, местами с обильными остатками радиолярий, в верхней половине — с прослойками кислых туфов и тефроидов;

5070—5401 м — кабанский комплекс, представленный в инт. 5072—5076 м темными туфопесчаниками с витрокластикой ос­ новного состава, переходящими вверху в алевропелиты и красные яшмоиды; ниже сплошь распространена краснообломочная сва­ренная пирокластика афировых преимущественно калиевых ба­зальтов, исландитов и спилитов, которая перемежается с потока­ми неокисленных лав того же (5182—5215 м и др.) и кислого составов (5265—5312,4 м).

В целом разрез вулканокластической и переходной толщ малоконтрастный, содержит в разных пропорциях при­знаки как вулканогенного, так и оса­дочного происхождения. Толщина этих пород увеличивается с глубиной. Флишоидная толща при слабых фациальных отличиях от низов переходной рез­ко отличается более кислым составом обломочного материала.

При сопоставлении вскрытого разре­за с проектным установлено превышение мощности отложений в 1,5 раза. В результате бурения возникли вопро­сы, касающиеся геометрии, простран­ственных и генетических взаимоотно­шений слагающих верхнюю часть про­гиба комплексов. Решение их возмож­но при дальнейшем углублении СГ-4 и выполнении целенаправленных ис­следований в околоскважинном про­странстве, включая бурение вспомога­тельных структурных скважин.

При проведении циклического ана­лиза в пределах вскрытого скважиной разреза выделено пять мегаритмов, границы которых совпадают или близ­ки к границам отмеченных толщ и под-толщ на глубинах 3487 м, 2640 м, 1919 м и 430 м и характеризуются рез­ким изменением литологии пород.

Нижний мегаритм 3487—4064 м со­ответствует флишоидной толще и является вулканогенно-осадочным. В раз­резе полностью не вскрыт. Он сформировался в условиях слабой вулканиче­ской активности. В нем преобладают удаленные мелкообломочные фации андезидацитового состава, широко раз­виты тонкослоистые алевролитовые и алевропсаммитовые разности осадоч­ных пород, доля которых к верхам мегаритма возрастает до 80—90 %. Чере­дование тонкослоистых прослоев, ха­рактеризующихся маломощной (0,01— 0,5 м) двухчленной, реже трехчленной ритмикой со слабо дифференцирован­ными гравийными, образует контраст­ные мезоритмы мощностью от 10 до 75 м.

Мегаритм 2640—3487 м, условно от­носимый к вулканогенно-осадочному типу, характеризуется тем, что на фо­не мелкой ритмичности (от долей до 5 м) мелкопсефито-псаммитовых раз­ностей проявлены контрастные гетерообломочные ритмы мощностью от 2—3 до 15—20 м, где крупнопсефитовые и агломератовые обломки изолированно погружены в псаммитовый субстрат. Периодически повторяющиеся интерва­лы развития алевропелитовых разно­стей позволяют выделить ряд мезорит-мов с границами на 3986 м, 3332 м, 3276 м, 3160 м, 3083 м и 2986 м. Отме­ченные особенности мегаритма, веро­ятно, обусловлены неравномерными проявлениями вулканической активно­сти и грязекаменных потоков.

Три верхних мегаритма (1919— 2540 м, 430—1919 м, 0—430 м) вулканогенные, частью оеадочно-вулканогенные. Они сформировались в результате нескольких вспышек вулканической деятельности с общей тенденцией к ее нарастанию.

Строение первых двух в общих чер­тах близкое. В их основании ритмич­ность относительно мелкая, с мощно­стью преобладающих элементарных ритмов 2—3 м. В центральных частях мегаритмов выделяются крупные рит­мы мощностью до 10—30 м и более. Доля грубообломочного материала вы­растает здесь до 70—90 %. В верхних; частях снова отмечена мелкая ритмич­ность (от 0,1—0,2 м до 2—3 м). В со­ставе ритмов увеличивается доля сор­тированного вулканогенного материа­ла, а в некоторых из них в интервале 1919—2007 м появляются прослои кремнистых алевропелитовых пород мощностью 0,2—5 см.

Верхний—эффузивный мегаритм (О—430 м) сформировался в результа­те нескольких импульсов вулканиче­ской деятельности с короткими пере­рывами между ними (88—105 м). Ниж­няя часть мегаритма сложена обильно-порфировыми пироксен-плагиофировыми базальтами, в средней (120— 262 м)—залегают подушечные лавы афировых андезибазальтов-базальтов, а в верхах—плагиофировые андезибазальты.

В фациальном отношении в разви­тых по всему разрезу отложениях отмечаются подводные условия образо­вания, на отдельных глубинах отличающиеся характером вулканизма и удаленностью зон аккумуляции вулканического материала от береговой ли­нии, что выражается различиями его гранулометрического и вещественного состава, а также разной степенью перемыва и сортировки. В целом, по-ви­димому, господствовала обстановка островных вулканов с преобладанием фации субаквальных пирокластических. и подводных гравитационных грязека­менных потоков. При этом нижняя часть разреза на интервале развития алевритистых, песчаных и гравийныу ритмов флишоидной толщи отвечает наиболее глубоководной, удаленной от вулканических построек области. Выше по разрезу преобладают мелковод­ные склоновые фации вплоть до субаэральных, регистрируемых горизонтами с красноцветными гематизированными обломками.

.

**Геологический разрез СГ-4**

**Рис. 4.** Геологический разрез СГ-4, составлен в Уральской экспедиции сверхглубокого бурения ГНПП «Недра»:

1 — базальты плагиофировые, пироксен-плагиофировые (а), андезитобазальты (о); 2 — андезиты (а), дациты, риодациты (б); 3 — туфы глыбовые (а), агломератовые (б), крупнопсефитовые (в), мелкопсефитовые (г), кристаллолитотуфы (е), 4— туффиты агломератовые (а), крупнопсефитовые (б), мелкопсефитовые (в), псаммитовые (г); 5— тефроиды мелкопсефитовые (а), псаммитовые (б); 6— туфоконгло-мераты, туфопесчаники; 7 — туфогравелиты, туфопесчаники; 8 — туфопесчаники, туфоалевропесчаники; 9 — туфопесчаники, туфоалевролиты; 10— песчаники, алевропесчаники, алевролиты; 11— кремнистые, углисто-кремнистые алевролиты, алевропелиты; 12 — диориты (а), кварцевые диориты (б); 13 — внемасштабный знак даек основного (а) и среднего (б) составов; 14 — тектонические нарушения: сбросы, взбросы (в), малоамплитудные надвиги (б); 15— границы геологических тел (а), толщ и подтолщ (б), пачек (в)

## 3 . Прогнозные модели Уральской СГ-4

Среди уральских исследователей, в т. ч. име­ющих отношение к СГ-4, еще сильны позиции сторонников классической (фиксистской) геологии, рассматривающие регион как достаточно фикси­рованную полициклическую геосинкли­нальную систему с интенсивным развитием магмо- и рудоподводящих глу­бинных разломов и повторяемостью в каждом цикле однотипных геологических и рудных формаций .

Согласно альтернативной, мобилистской концепции Урал представляет собой сложное покровно-складчатое со­оружение, состоящее из разнородных аллохтонных пластин, образованных путем крупных горизонтальных перемещений геологических масс. Эти представления вносят существенные коррективы в схему металлогенического развития региона, дают новое толкование природе и перспективам его рудоносности

Отметим, что деление геотектониче­ских позиций на фиксистские и мобилистские в какой-то мере условное и не отражает всего разнообразия представлений о месте заложения, движу­щих силах и истории развития Уральской эвгеосинклинали. В последнее время наблюдается тенденция в сближении позиций, что выражается в при­знании представителями фиксистского направления ограниченного спрединга с возникновением раздвигов, обнажающих симатическую кору.

Благодаря тесному сотрудничеству большой группы исследователей удалось сформировать комплект из 11 мо­делей, отражающих практически весь спектр существующих прогнозных представлений о глубинном строении района бурения (рис. 2). Не имея воз­можности подробно охарактеризовать все модели, остановимся на наиболее существенных и принципиально отли­чающихся.

*В. С. Дружининым* составлены осно­вополагающие сейсмические и геолого-геофизические разрезы и дан вариант прогнозной модели, основными элемен­тами которой являются структурно-ве­щественные комплексы, физическая характеристика, положение в разрезе сейсмических границ, возможная их природа. Согласно этой модели СГ-4 должен вскрыть полный разрез уралид мощностью примерно 11 км, пройти около 4 км по рифейским образовани­ям и в интервале 14—14,5 км войти в образования древнего комплекса осно­вания предположительно архейско-протерозойского возраста. При этом в составе уралид выделяются четыре комплекса, среди которых наиболее интересным и неясным будет комплекс пород на глубине 7—9 км. В целом геологическая привязка всех выделяе­мых комплексов и их литологический состав в значительной мере условные. Это попытка спроецировать на разрез по скважине поверхностные образова­ния, развитые к западу от нее.

По *Ю. С. Каретину* (рис. 3, а) Та­гильский прогиб представляет целост­ную грабенообразную структуру с плоским днищем и четко выраженны­ми бортами. Развита сложная система листрических сбросов растяжения, большей частью трансформированных в малоамплитудные надвиги. Фиксистское существо модели автор обос­новывает тем, что амплитуды смеще­ний относительно малы и не нарушают существенным образом первичную троговую синседиментационную структуру растяжений. Расположенные к западу от СГ-4 интрузии Платиноносного поя­са рассматриваются в виде несмещен­ной магмоподводящей зоны, субверти­кально уходящей на глубины свыше 50 км и не пересекающейся скважиной. По выражению автора, эти интрузии «сшивают» весь разрез.

*В. Н. Пучков* при построении своей мобилистской модели (см. рис. 3, б) исходит из результатов геологических исследований в зоне сочленения Тагильской и Центральноуральской зон севернее района бурения, где устанавливается залегание пород Тагильского комплекса в виде тектонического покрова регионального значения . Используя изменение положения с глу­биной отражающих площадок (по дан­ным MOB и ГСЗ) с глубиной, автор модели предполагает соответствующее выполаживание поверхностей тектони­ческого срыва на глубине и прогнози­рует их подсечение сверхглубокой скважиной. Одновременно предполага­ется возможность повторения в разре­зе отложений с глубины 7 км, имею­щих более молодой возраст, чем выше­лежащие, в пользу чего, по мнению. В. Н. Пучкова, свидетельствует уста­новленная ГСЗ неоднократная инвер­сия скоростей на глубинах 7—17 км. На вопрос о том, какие комплексы тек­тонически совмещаются в предполагае­мом разрезе СГ-4, автор не дает одно­значный ответ. В качестве возможного состава наиболее интересной мало­плотной пластины на глубине 7—9 км высказаны следующие варианты: вулканогенно-осадочные отложения верх­него силура—девона Тагильской зоны; плагиограниты, плагиогнейсы (плагио-мигматиты); серпентинитовый меланж, сближенные зоны рассланцевания; ордовикско-девонские существенно терригенные отложения континентального подножия. Пластина, расположенная на глубине 9—11 км, наиболее вероят­но, принадлежит меланократовому фундаменту (габбро, амфиболиты, ги-пербазиты), первично подстилавшему вулканогенные комплексы Тагильской зоны. На глубине 11 км и ниже ожи­дается вскрытие метаморфических, принадлежащих фундаменту утонь­шенного, частично разрушенного при рифтогенезе края Восточно-Европейского континента — переходной зоны oт континентальной коры к океанической. Не исключено, что на глубине 11-15 км повторяетя тектонический разрез палеозойских эвгеосинклинальных толщ и их меланократового основания.

*В модели С. Т. Агеевой, А. Г. Волч*кова *и П. С. Ревякина (ЦНИГРИ)* под Тагильской эвгеосинклиналью предполагается куполовидное поднятие гранулит-базитового слоя, свод которого расположен на глубине около 12— 13 км. Выше должны залегать слабо вскрытые на поверхности отложе­ния океанической коры, в основании которых залегает мощный офиолитовый комплекс, инъецированный круп­ными телами гипербазитов.

*В. И. Сегалович (КамНИИКИГС)* составил два крайне мобилистских варианта модели, исходя из гипотезы об­ширного, протяженностью в сотни километров, тектонического перекрытия окраины Восточно-Европейского континента покровами, состоящими из продуктов спрединга окраинных и междуговых бассейнов, а также островодужных вулканитов. Согласно этой модели, СГ-4 до глубины 6 км вскроет вулканогенно-осадочные комплексы верхней части Тагильского прогиба, далее пересечет интрузивные образо­вания Платиноносного пояса, метаба-зиты низов лландовери, мощную (порядка 3 км) пластину ультрабазитов, и, наконец, после 14 км войдет в отло­жения верхнего девона — нижнего кар­бона Восточно-Европейской плиты. Со­гласно другому варианту, СГ-4 пересе­чет весь разрез аллохтонной части про­гиба, называемой автором «Тагиль­ским пакетом покровов», и, возможно, достигнет подстилающей кровли Улсовско-Висимской зоны поддвига (Оз— D2 ).

*Н. Г. Берлянд (ВСЕГЕИ)* отдает предпочтение существенно габброидному варианту разреза, согласно которо­му в интервале 7—14 км предполага­ется вскрыть габброиды, сопоставимые с арбатским комплексом, выходящим на поверхность западнее СГ-4.

*По К. П. Плюснину (ПГО «Уралгеология»),* Тагильский прогиб является сложным образованием, которое фор­мировалось на одних стадиях как гра­бен, а на других—как рамповая структура. В предложенной им модели большая роль отводится разновозраст­ным тектоническим нарушениям, раз­бивающим исследуемую часть прогиба на многочисленные блоки, что услож­няет увязку вскрываемого скважиной разреза с поверхностными структура­ми и требует проведения систематиче­ских структурно-тектонических иссле­дований.

В рифтогенной модели Л. И. Десятниченко (ПГО «Уралгеология») *фор*мирование эвгеосинклинального проги­ба связано с интенсивным растяжением земной коры вдоль глубинного раз­лома, сопровождающимся постепенным заполнением формирующейся структу­ры раннегеосинклинальными образованиями боткой фундамента. В последующие этапы переработке подвергаются и ранние офиолитовые ком­плексы. Таким образом, под прогибом сохраняются лишь переработанные фрагменты допалеозойских комплек­сов, и перед скважиной стоит нелегкая задача идентификации агломерата ге­терогенных образований.

Несмотря на то что практически все модели базируются, по существу, на одной и той же геофизической инфор­мации, в совокупности они выявляют разноречивость представлений о глубинном строении Урала. Исключая са­мую верхнюю часть прогиба, модели противоречат по всем более или менее существенным компонентам прогнози­руемого разреза: его непрерывности или тектонической разобщенности, воз­можности пересечения скважиной тел габброидов и ультрабазитов, глубине и составу основания прогиба, перспек­тивам вскрытия рудоносных комплек­сов, природе слоев, инверсии скоро­стей и др.

Можно сделать вывод ,что указанная раз­норечивость объективно и наглядно от­ражает не только состояние глубинных геолого-геофизических исследований на Урале, но и, в какой-то мере, всей геологии в целом. Нетрудно понять жизненную необходимость сверхглубо­кого бурения, поскольку только пря­мое проникновение в недра способно обеспечить теоретическую геологию и прикладные металлогенетические ис­следования фундаментальной факто­графической основой, существенно освободив их от всякого рода условно­стей и фантазий.

 Первоначально намеченную проект­ную глубину СГ-4— 15 км следует счи­тать достаточно обоснованной. При этом скважиной должны пересекаться основные структурно-вещественные комплексы Тагильского прогиба, вклю­чая меланократовые образования ниж­ней части разреза, и достигнуто надеж­ное вскрытие фундамента с глубиной врезки до 1,5 км. По наиболее оптимистичным прогнозам (Ю. С. Каретин, В. С. Орлов), предполагающим отно­сительно менее глубокое залегание фундамента прогиба, минимально не­обходимая глубина скважины может доставить 12—13 км. С учетом этого глубину 12 км можно определить как оптимальный рубеж, по достижении которого целесообразно рассмотреть вопрос о конечной глубине бурения скважины.

Прогнозные модели верхней части земной коры района Уральской СГ-4 ( с упрощениями авторов)

Рис.3

*а —* фиксистская (геосинклинально-троговая), по Ю. С. Каретину, 1988; *б—*мобилистская, по В.Н.Пучкову, 1988 .

 *I —* протоофиолитовая ас­социация, *2 —* гранулито-базитовый комплекс архея, *3 —* геофизический базальтовый слой, *4 —* меланократовый фундамент; типы разре­зов: I — Лемванский, II—Тагильский

## 5. Петрографическая характеристика горных пород

**Эффузивные породы. Базальты и андезибазальты.** Среди эффу­зивных пород лавовой фации могут быть выделены четыре разно­видности, слагающие обособленные пачки.

Породы верхних трех пачек — андезибазальты — различаются количеством, размером и составом вкрапленников. В верхней пачке они имеют размеры в доли миллиметра, составляют до 5 % объема породы и представлены альбитизированным плагиоклазом и клинопироксеном. Породы второй сверху пачки преимущественно афировые, третьей — содержат от 20 до 50 % крупных (до 4 мм) вкраплен­ников плагиоклаза, иногда образующих сростки, и единичные более мелкие вкрапленники клинопироксена и ортопироксена , замещен­ные хлоритом.

Основная масса андезибазальтов состоит из микролитов альбитизированного плагиоклаза, расположенных беспорядочно (участ­ками субпараллельно) или собранных в сноповидные срастания, зерен клинопироксена, пылевидных выделений и скелетных кри­сталлов рудного минерала (магнетита—титаномагнетита) и продук­тов изменения стекловатого мезостазиса — хлорита, эпидота, пренита. Для афировых андезибазальтов характерны обильные (до30 % объема породы) миндалины, в других разновидностях они единичны.

Базальты, слагающие четвертую сверху пачку, содержат вкрапленники плагиоклаза, клинопироксена и ортопироксена (псевдоморфозы хлорита и карбоната), составляющие от 20 до 50 % объема породы. Основная масса на 30—70 % состоит из микролитов плагиоклаза, в промежутках между которыми рас­полагаются зерна клинопироксена и хлоритизированное и соссюритизированное стекло. Пылевидные выделения и мелкие кри­сталлы рудного минерала обычно приурочены к псевдоморфозампо ортопироксену. Миндалины, достигающие 2,5 см в попереч­нике, редки.

Во всех разновидностях эффузивов в качестве вторичных минералов, слагающих миндалины, неправильные гнезда и жилки, встречаются хлорит, пренит, пумпеллиит, эпидот, каль­цит, кварц, опал, альбит. Судя по высокой степени сохранности структуры пород и первичных минералов (клинопироксена, магнетита), а также составу и количеству вторичных минералов,метаморфизм пород соответствует пренитпумпеллитовой фации .

**Вулканогенно-обломочные породы.** Наиболее распространенный тип вулканогенно-обломочных пород (особенно до глубины 3 км) — тефроиды. Глубже 1870 м значительную роль играют вулканогенно-осадочные породы: туффиты различной размерности, туфопесчаники и туфоалевролиты. Туфы выделяются в виде маломощных слоев среди тефроидов по наличию мелких осколков стекла рогульчатых и серповидных форм, а также обломков со следами закалки, болееразнообразной степени окатанности обломков (от угловатой до среднеокатанной).

Тефроиды в основном кристаллолитокластические или литокластические, реже литовитрокластические и кристалловитролитокластические, среди туфов встречены и кристаллокластические разности. Цемент гидрохимический, поровый или соприкосновения, редко порово-базальный и базальный; состоит из пренита, карбоната, хлорита, пумпеллиита, эпидота, цоизита, кварца, бурого глинистого вещества, иногда гематитизирован. Тефроиды и туфы имеют однообразный базальт-андезибазальтовый состав обломков, лишь ниже 3683 м резко возрастает роль кислой кластики.

По степени метаморфизма обломки и цемент не отличаются от эффузивных пород верхней пачки. В вулканогенно-обломочных породах по сравнению с эффузивными среди новообразованных минералов в интервале до глубины 3000 м несколько возрастает (>10 %) роль пумпеллиита и эпидота, а глубже 3000 м — каль­цита и кварца. Во всех породах литокластов клинопироксен обычно свежий, плагиоклаз представлен альбитом, часто сопровож­дающимся продуктами деанортизации, ортопироксен и оливин присутствуют в виде полных псевдоморфоз хлорита, эпидота, кальцита, халцедона.

Среди базальтов и андезибазальтов могут быть выделены разно­видности со следующими парагенезами вкрапленников: СРх—PI; PI; OI—OPx—CPx—PI, PI—СРх (с преобладанием последнего), СРх. Породы различаются также размером вкрапленников, их количеством, структурой и составом основной массы, наличием миндалин.

Клинопироксен-плагиофировые андезибазальты и базальты содер­жат вкрапленники размером от долей до 1—2 мм, среди них плагиоклаз составляет от 5—10 до 25 %, клинопироксен — до 3—5 % объема породы. Встречаются разновидности с сериально-пор­фировой структурой, максимальным размером вкрапленников до 5—б мм и количеством вкрапленников плагиоклаза до 20—25, клинопироксена — до 10—15 %. Иногда оба типа вкрапленников образуют гломеры. Структура основной массы пород чаще гиалопилитовая или гиалиновая, реже интерсертальная; иногда отмечается флуктуационная текстура.

Плагиофировые андезибазальты из различных обломков не­сколько различаются по структуре, количеству миндалин. Встре­чаются разности с порфировой, гломеропорфировой (часто с вкрапленниками плагиоклаза двух генераций), сериально-порфи­ровой структурой. Количество вкрапленников от единичных до 40—45 % объема породы, размеры их — доли миллиметра, реже до 2,5 мм. Некоторые вкрапленники содержат включения стекла, замещенного хлоритом. Структура основной массы — от гиалиновой до гиалопилитовой, иногда интерсертальная с участ­ками пилотакситовой, спилитовидной, в отдельных случаях скрытокристаллическая.

В оливин-ортопироксен, клинопироксен-плагиофировых базаль­тах вкрапленники плагиокла размером до 1х2 мм составляют 20—30 % объема породы, клинопироксена — 2—15 %. Наряду с ними в породах присутствуют псевдоморфозы по вкрапленникам других темноцветных минералов (до 5—7 %), сложенные хлоритом, участками эпидотом, кальцитом и халцедоном, часто содержащие включения зерен рудного минерала. Судя по характерным формам, псевдоморфозы принадлежат к ортопироксену. Присутствие в этой группе пород нормативного оливина позволяет допустить, что отчасти псевдоморфозы являются апооливиновыми, хотя типичные для этого минерала формы не обнаружены. В инт. 2700—2900 м. встречены разновидности, в которых во вкрапленниках присутствует и амфибол (2—3 %). Породы имеют интерсертальную, гиалопилитовую, гиалиновую структуру основной массы.

Плагиоклинопироксенофировые базальты обнаружены в единич­ных шлифах на различных глубинах. Во вкрапленниках, составля­ющих в целом от 7—8 до 40—45 % объема породы, клинопироксен заметно преобладает над плагиоклазом, часто имеет более крупные размеры. В отдельных шлифах присутствуют также редкие псевдо­морфозы по ортопироксену . Основная масса породы — гиалиновая, представляет собой мелкозернистое хлоритизированное стекло с флуктуационной текстурой, определяющейся субпараллельной ориентировкой сплющенных миндалин и игольчатых микролитов плагиоклаза.

Клинопироксенофировые базальты (шл. 19125) присутствуют в обломках размером 1—5 мм. Вкрапленники клинопироксена (до 0,8х0,6 мм), часто образующие сростки, составляют 15—25 % объема породы, основная масса имеет гиалиновую, иногда переходную к гиалопилитовой структуру.

Во всех порфировых базальтах и андезибазальтах литокластов основная масса состоит в основном из разложенного стекла, в которое заключены микролиты плагиоклаза (размером до 0,1 мм), клинопи­роксена (до 0,05 мм) и тонкая пыль рудного минерала. Характерные вторичные минералы мезостазиса — хлорит, в меньшей мере пренит, пумпеллиит, эпидот. Эти же минералы наряду с карбонатом и халцедоном слагают миндалины, составляющие обычно 5—10, редко до 30—40 % объема пород.

Наряду с порфировыми базальтами и андезибазальтами в литокластах встречаются и их афировые разновидности с гиалиновой, гиалопилитовой, спилитовидной, а также пилотакситовой и интерсертальной структурой. (Не исключено, что часть их представляет собой участки основной массы порфировых пород.)

Более салические, чем андезибазальты, породы имеют в составе литокластики подчиненное распространение.

Среди андезитов есть плагиофировые и клинопироксен-плагиофировые разновидности; структура основной массы в основном гиало-пилитовая, реже пилотакситовая.

Обломки кислых пород — плагиофировых и кварц-плагиофировых андезидацитов, дацитов, реже риодацитов — постоянно встречаются глубже 3500 м. Их не всегда удается отличить от встречающихся в этом интервале гидротермально-метасоматически измененных пород. Они содержат микровкрапленники плагиоклаза (до 5—7 %) и кварца (до 3—5 %) или только плагиоклаза, а также иногда клинопироксена (большей частью псевдоморфозы по нему). Вкрапленники кварца часто оплавлены, иногда имеют «изъеденные» края, содержат включения хлорита и карбоната. Основная масса обычно представ­лена агрегатом кварца и альбита микрофельзитовой, фельзитовой, микролитозернистой, иногда с элементами пойкилобластовой струк­туры, содержит серицит, сфенлейкоксен, эпидот, рудный минерал, карбонат, апатит.

Наряду с описанными типами литокластов постоянными элемен­тами тефроидов и туфов являются витрокласты и кристаллокластический материал.

Стекловатые породы лавового облика периодически встреча­ются в обломках в интервале 445—3350 м. Присутствуют как практически нераскристаллизованные разновидности, представ­ленные хлоритизированным, часто пумпеллиитизированным или пренитизированным стеклом, так и с небольшим количеством микролитов, реже вкрапленников измененного плагиоклаза. Выделяются стекловатые породы с флюидальностью (обусловленой субпараллельной ориентировкой вытянутых миндалин) и без нее (с миндалинами изометричной формы). Разнообразно выпол­нение пустот и пузырьков (хлорит, мозаичный кварц, халцедон, пренит).

Кристаллокласты встречаются в туфах и тефроидах повсеместно, иногда образуя самостоятельные слои в верхних частях ритмов. Кристаллокласты принадлежат к плагиоклазу и клинопироксену, размер их до 5—6 мм. Часто они имеют правильные кристаллографические формы, ненарушенную зональность и представляют собой, по-видимому, практически не подвергшийся обработке пирокластический материал. Встречены также кристаллы со сглаженными формами, резорбированные. Ниже глубины 3625 м (особенно в интервале 3720—3825 м) в кристаллокластах появляются обломки кварца до 5 мм в попереч­нике с включениями хлоритизированного стекла каплевидной формы.

**Туфоалевролиты, туфопесчаники, туффиты.** Слоистые туфоалевролиты, туфопесчаники и туффиты алевритовой размерности встречены в керне скважины СГ-4 преимущественно на трех уровнях: в интервалах глубин 74,7 м—127 м, в том числе среди подушечных лав, 1717 м—1966,5 м и глубже 2979,3 м. Сло­истость выражена вариациями размерности обломков, состава цементирующей массы и обломков, реже ориентировкой послед­них. Сортированность материала обычно хорошая. Окатанность обломков широко варьирует, чаще они угловатые и слабоокатанные.В обломочном материале — Кристаллокласты плагиок­лаза, кварца, клинопироксена, а также обломки пород, ранее описанных в составе крупных литокластов. Цемент большей частью — соприкасания, реже поровый, гидрохимический. Со­держит пелитоморфное бурое вещество, глинистые минералы, пренит, хлорит, карбонат, кварц, альбит, пумпеллиит, эпидот, сфен, серицит, рудные минералы, углистое вещество. Для пород первого уровня характерна хорошая сортированность материала, преобладание алевролитовых и пелито-алевритовых разностей. Для второго уровня — меньшая сортированность обломков, обилие кристаллокластов плагиоклаза. Третий уровень характеризуется обилием алевритового материала, высоким со­держанием в нем углистого вещества (до 1,5 %) и сульфидов (до 4 %), придающих породам отдельных слоев черную окраску, большим количеством обломков кислых эффузивов и метасоматитов. По границам слоев и в прослойках черных алевролитов встречаются скопления мелких кристаллов пирита, халькопирита, пирротина.

**Интрузивные породы.** Среди интрузивных пород могут быть выделены две группы. Породы одной из них — базальты и андезибазальты, встречающиеся преимущественно в верхних 1000 м разреза, по вещественно-структурным особенностям и, вероятно, по возрасту близки к лавам. Другая группа — меланобазальты и микродиориты — не имеют аналогов среди вулканических пород и являются, вероятно, более глубинными и более молодыми, чем субвулканические базальты и андези­базальты.

**Базальты и андезибазальты.** Породы, как правило, имеют отчетливую порфировую структуру и различаются главным образом по составу, количеству и размерам вкрапленников. Выделяются разновидности, слагающие обособленные тела, со следующими парагенезами вкрапленников:

1. PI (20—35 %) — СРх (10—15 %) — ОРх (10—15 %), преобладающий размер вкрапленников 0,2—0,8 мм (49,9—88 м, обр. 48—202; 695—700 м, обр. 4544—4570);

2. СРх (20—30 %) — ОРх (10 %) — PI (5 %), размер 0,5— 1 мм (79—84 м, обр. 135—183);

3. PI (25—30 %) — 01? (5 %) — P1 (5 %), размер 1—6 мм (384—395,5 м, обр. 2478—2527, 2534—2546);

4. pi (40—60 %) — СРх (10—20 %), размер 0,5—2 мм (922,6— 942,5 м, обр. 6124—6238);

5. P1 (10—15 %) — СРх (3—5 %), размер до 6 мм (1023— 1025 м, обр. 6763—6781; 2830,6—2833,2 м, обр. 17384—17391);

6. СРх (20 %) — 01 + ОРх (5—7 %) — P1 (5 %), размер до 1 мм (3712,5—3116,1 м, обр. 22753—22792).

В самостоятельную разновидность могут быть выделены афировые базальты, слагающие ряд секущих тел внутри третьей (сверху) пачки лав (в интервале глубин 264,8—384 м, обр. 1692, 1747—1772, 2010, 2048 и др.) Изредка в этих породах встречаются вкрапленники клинопироксена размером до 1—4 мм, характерны мелкие миндалины хлорита.

Основная масса пород в разных телах и разных частях одного тела имеет неодинаковую степень раскристаллизации, структура ее меняется от гиалопилитовой до полнокристаллической призматически-зернистой. Основная масса состоит из удлиненных кристаллов плагиоклаза и клинопироксена и переменных количеств полностью замещенного вторичными минералами мезостазиса. В разновидностях 3,4 и 5 плагиоклаз заметно преобладает над пироксеном, в других разновидностях объемы их близки. Рудные минералы группы магнетита—титаномагнетита выделяются в виде мелких кристаллов (часто включенных во вкрапленники оливина или ортопироксена), а также скелетных дендритоподобных кристаллов и пылевидных скоплений. В разновидностях 2 и 6 встречаются единичные зерна хромшпинелида, включенные во вкрапленники темноцветных мине­ралов.

Во всех породах плагиоклаз альбитизирован, соссюритизирован, замещен частично пренитом, по оливину и ортопироксену образованы полные псевдоморфозы хлорита и карбоната. В основной массе развиваются пренит, кварц, кальцит, пумпеллиит.

**Меланобазальты** встречаются на протяжении всего разреза СГС-4 в виде секущих тел мощностью до 8,7 м. В качестве особой их разновидности могут быть выделены лампрофироподобные меланобазальты, встреченные в обломках (возможно, «хвост» дайки) на глубине 3125,6 (обр. 19063—19065) и 3621 м (обр. 21922), а также в дайках.

Меланобазальты имеют обычно хорошо выраженную порфировую структуру. Вкрапленники составляют до 30—35 % объема породы и представлены клинопироксеном (20—25 %) и полными псевдомор­фозами по оливину (5—10 %). Кристаллы клинопироксена имеют размер до 6 мм, короткопризматическую форму, часто зональны и полисинтетически сдвойникованы. Псевдоморфозы по оливину также короткопризматические, иногда бочонковидные, размером не более 2—3 мм. Они сложены хлоритом или карбонатом, реже (полностью или только в центре зерен) кварцем. Изредка встречаются микро­вкрапленники соссюритизированного плагиоклаза.

Основная масса пород имеет в центральных частях тела меланобазальтов структуру, близкую к призматически-зернистой, а в краевых частях — от интерсертальной до гиалопилитовой. Она состоит из зерен (размером 0,05—0,1 мм) клинопироксена изометричной или короткостолбчатой формы (20—35 %), альбитизированного и соссюритизированного плагиоклаза (15—21 %), амфи­бола (5—7 %), рудного минерала из группы титаномагнетита—магнетита (3—5 %). Встречаются редкие зерна хромшпинелида, обычно внутри псевдоморфоз по оливину. Интерстиции заполнены тонкочешуйчатым хлоритом (40—55 %). Редкие миндалины размером 0,3—0,7мм (5—7 % объема породы) сложе­ны пренитом и хлоритом, вокруг миндалин развиваются мелкие зернышки амфибола.

Лампрофироподобные меланобазальты отличаются от описанных выше присутствием до 15—20 % амфибола, меньшим размером вкрапленников (не более 1 мм).

**Микродиориты** образуют достаточно мощные тела на разных глубинах. Структура их гипидиаморфнозернистая, призматически-зер­нистая, на глубинах ниже 3450 м неотчетливо порфировидная за счет вкрапленников клинопироксена размером до 2 мм. Главные минералы — альбитизированный плагиоклаз (часто по нему разви­ваются также эпидот, карбонат, хлорит, пренит) таблитчатой, брусковидной формы, размером 0,2—0,8 мм (60—80 %) и роговая обманка размером 0,1—0,6 мм (10—15 %). В породе также присут­ствуют хлорит, частично развивающийся по роговой обманке и, возможно, по биотиту (?) или заполняющий интерстиции; биотит (0—3 %); кварц — от единичных зерен до 4—7 %; клинопироксен (до 5 %) с развивающимися по нему эпидотом, карбонатом, кварцем; рудный минерал (до 4 %); апатит (до 1 %) в виде призматических и игольчатых кристаллов.

По петрографическим и петрохимическим данным состав вулканитов в .пределах первых трех толщ до глуби­ны 3487 м преимущественно базальто­вый (62 %), менее распространены андезибазальты (32%) и андезиты (6%). В интервалах вскрытия флишоидной толщи (3487—4064 м) состав пород довольно резко меняется на андезидацитовый (вплоть до риодацитов). По суммарной щелочности преобладают вулканиты нормального ряда, на долю субщелочных приходится третья часть проанализированных образцов. По ти­пу щелочности в равной мере развиты как калиевые, так и калиево-натриевые разности. Большинство пород (63%) известково-щелочной серии, остальные — толеитовой.

При анализе изменчивости с глуби­ной содержаний породообразующих оксидов и отдельных элементов, с одной стороны, устанавливается незако­номерный характер изменения их кон­центраций как свидетельство быстро меняющихся условий формирования комплексов со сложным сочетанием вулканических и осадочных процессов, придающих разрезу некоторые черты «мусорности». С другой стороны, коле­бания содержаний некоторых оксидов, особенно в их сочетании, груборитмичные и, вероятно, отражают эволюцию локальных магматических очагов, пи­тающих вулканы в районе СГ-4.

За исключением близости составов эффузивной (0—430 м) и верхней подтолщи вулканокластических толщ (430—1873 м), остальные подразделе­ния разреза петрохимически сущест­венно различаются. При этом наиболь­шие аномалии химического состава свойственны интервалу флишоидной толщи.

В целом по петрохимическим дан­ным устанавливаются умеренно слабая степень дифференцированности развитых во вскрытой части разреза СГ-4 вулканитов и принадлежность их к островодужным комплексам, отлича­ющихся от современных аналогов по­следних преобладанием базальтов, бо­лее высокой общей щелочностью, повышенными концентрациями Сг, Со, Ni, V, Sr.

Минералого-петрографическим ана­лизом метаморфических ассоциаций установлено, что в пределах всего вскрытого разреза породы претерпели .метаморфизм пренит-пумпеллитовой фации. При этом степень метаморфиз­ма постепенно нарастала с глубиной и по ряду признаков, наблюдаемых в нижней части разреза (исчезновение с глубины 3400 м пумпеллиита, умень­шение доли пренита), можно ожидать скорое вхождение скважины в область развития зеленосланцевой фации метаморфизма. Более подробно особенности метаморфических преобразований в пределах вскрытого СГ-4 разреза рассмотрены в работе И. В. Викентьева и др., где сделан вывод о про­текании этого процесса в условиях не­высокого палеоградиента (до 20 °С на 1 км) и температуры не выше 250 °С.

С долей условности можно выделить несколько типов рудной минерализа­ции, среди которых наиболее интерес­ны послойные и кластогенные прояв­ления.

Послойная сульфидная минерализа­ция наиболее проявлена в нижней вулканогенно-осадочной части разреза (2640—4064 м) в интервалах развития ритмично-слоистых пород, тяготея к верхам ритмов, сложенных туфоалевролитами и туфопесчаниками. Она представлена пиритом, в т. ч. фрамбоидальным, халькопиритом, борнитом, блеклыми рудами, сфалеритом. Одна из наиболее заметных сульфидосодержащих зон пересечена скважиной в интервале 3160—3270 м.

Кластогенный тип представлен пре­имущественно пиритом и гематитом, в различной степени насыщающих изме­ненные обломки в составе вулканоген-ных пород разреза. Часть из них, об­разована в прижерловых условиях и характеризуется развитием рудных ми­нералов в периферической части об­ломков, другая часть—рудокласты, представляющие разбитые фрагменты сульфидосодержащих пород, привне­сенные из других мест локализации.

Другие типы рудной минерализации имеют подчиненное значение. Они представлены, как правило, вкрапленностью пирита, гематита, халькопирита, пирротина, реже сфалерита, галенита и др., пространственно тяго­теющей к приконтактовым частям дайковых тел и зонам гидротермальных изменений.

Установлен ряд других особенностей и закономерностей распределения руд­ных минералов в разрезе СГ-4, среди которых особого упоминания заслужи­вает факт существенного увеличения в нижней части разреза, с глубины 3400 м, количества пирротина при со­ответствующем уменьшении доли пи­рита, что хорошо согласуется с нара­станием степени метаморфизма вниз по разрезу, и таким образом устанав­ливает взаимосвязь элементов мета­морфической и рудной зональностей.

Среди исследований СГ-4 и района ее бурения нет единства в оценке вы­явленной в разрезе СГ-4 рудной мине­рализации. По мнению одних, она от­носится к медно-цинковоколчеданному типу и близка по составу к рудам Кабанских месторождений, расположенных западнее СГ-4, что можно рассма­тривать как свидетельство в пользу расширения пространственных и вре­менных рамок продуктивного колчеданообразования. По мнению других, до­казательств для такого заключения еще недостаточно. Во всяком случае нет сомнения, что получена ценная и уникальная информация по характеру и особенностям локализации рудной минерализации, существо которой пред­стоит окончательно выяснить в процес­се дальнейших исследований при углу­блении СГ-4.

Скважиной встречено несколько зон тектонических нарушений (580—620 м, 1470—1500 м, 2495—2505 м, 3480— 3560 м) и разной степени трещиноватости пород. При этом, несмотря на целенаправленные поиски, пока не по­лучено сколько нибудь убедительных фактов в пользу тектонического сдваи­вания, существенного разобщения той или иной части разреза. Напротив, крепнет уверенность в его непрерыв­ности.

Стратиграфическая и формационная принадлежность всего вскрытого раз­реза и его отдельных частей проблема­тична и находится в стадии активного изучения и обсуждения. Пока доста­точно надежно устанавливается возра­стная принадлежность разреза глубже 3 км. Здесь в образцах кремнистых алевролитов интервала 3070—3716 м, отобранных специалистами УГСЭ ПГО «Уралгеология» и ИГ БНЦ АН СССР, идентифицированы разности радиоля­рий, характерные для Sil2-3. К.С.Ивановым и другими исследователями (ИГИГ УрО АН СССР) в интервале 3520—3885 м выделены и изучены ком­плексы конодонтов и хитинозой, позволяющие отнести его к пограничным слоям лландовери и венлока. Таким образом, находит подтверждение при­нятая предшественниками схема воз­растного расчленения вулканогенно-осадочных отложений района СГ-4.

Неожиданные результаты получены Ю. Е. Дмитровской (КамНИИКИГС) и А. Д. Архангельской (ВНИГНИ) при исследовании препаратов из мдцератов образцов туфоалевролитов интервала 1918,6—1983,9 м, где были обнаруже­ны неполные спектры спор, характер­ные для нижней части франского яру­са верхнего девона. Эти данные нуж­даются в тщательной проверке, для чего в районе СГ-4 начаты специальные исследования по ревизии извест­ных находок фауны.

## 6. Результаты геофизических исследований

Бурение СГ-4 сопровождается об­ширным комплексом геофизических исследований, включающим 28 методов электрического, сейсмоакустического, ядерно-физического, магнитного, тер­мического, газового и технико-техноло­гического каротажа. Существенных аномалий по результатам проведенных исследований не выявлено. Результаты ГИС наряду с литолого-петрографическими признаками использованы при расчленении разреза на слои, пачки, толщи.

По ряду физических параметров, за­фиксированных геофизическими исследованиями ствола и петрофизическими исследованиями керна, разрез дифференцирован в разной степени, что опре­деляется особенностями вещественного состава слагающих его образований,.различиями в степени их тектониче­ской и метаморфической переработки,. а также сложнонапряженным состоя­нием околоствольного массива.

После 10-месячного перерыва в бу­рении, обусловленного перемонтажом буровой установки, на глубине 3853 м установлена температура 60 °С, что от­вечает среднему значению геотермиче­ского градиента 1,5 °С на 100 м, и со­гласуется с особенностями поля дан­ной части Урала, характеризую­щейся низким значением теплового потока.

По результатам измере­ний *плотности* образцов керна СГ-4 хорошо видны вариации состава вулканитов разреза, в т.ч. обнаруживаются ритмы направ­ленных изменений этих параметров. На глубине 4000—2400 м такой ритм четко антидромный — вверх очень плавно растут плотности и основность вулканитов от риодацитового внизу ритма (2,65—2,75 *г/см)* до базальтового 2,85—2,95 *г/cм,* что независимо подтверждается и данными геохимического опробова­ния, а также согласованным нарастанием вверх на протяжении тех же 1600 м фоновой намагниченности пород (рис. 5).

На детальном разрезе плотностных вариаций четко устанавливается также положение контакта силицитов низов именновского комплекса и залегающих ниже внешне сходных алевропелитов кабанского комплекса: ему соответствует скачкооб­разное возрастание плотностей (состав сменяется вниз на базальтоидный). При этом в нижней (1 м) базальной части флишоидной толши плотности тех же силицитов, как оказа­лось, вниз с приближением к контакту прогрессивно возрас­тают, что обусловлено появлением во все большем количестве терригенной примеси материала размыва пород мафического основания. Это одно из объективных обоснований нормаль­ной седиментационной природы данного контакта — двух формаций двух стадий геодинамического цикла — офиолнтовой и постофиолитовой.

Породы по стволу СГ-4 в основном слабо намагничены. Выделяются на таком фоне различные дайки и интервалы по 5—30 м грубой пирокластики околожерловых фаций. Послед­ние выделяются в отличие от других туфов также обилием вулканических бомб и вишневых окисленных шлаковых ла-пиллей (инт. 1280-1315; 1986-2007; 2398-2460; 2494-2497 м и др.).

Приведенный на (рис. 5) скоростной разрез по СГ-4 показывает увеличение скоростей с глубиной: от 6 км/с вверху до 6,4 км/с ниже. Данные ВСП В.А.Силаева по стволу СГ-4 в деталях несколько иные. Сопоставления их с геологией показали, что в вариациях *Vp* значимы два фактора: состав пород — основной и средний (повышенные до 6,2—6,55 км/с) или же кислый — более низкие скоростные параметры (5,6—5,8 км/с). Усложняет картину резкими «провалами» в графике скоростей второй фактор — вариации степени тектонической нарушенности разреза. Вероятно, основная роль в этом принадлежит мелкой объемной трешиноватости, поскольку тектонические швы с более выраженной нарушенностью пород, но небольшой 2—5 м видимой мощностью (1918 м, 2506—2510 м и др.) в разных вариантах скоростного разреза ВСП не всегда проявляются. В основном же выделяются целики с максимальными для данного состав пород скоростями на протяжении до 600 м. С вариациями литологии корреляции нет (массивные туфы чередуются с пач­ками песчаных тефроидов того же и близкого составов), как и с вариациями состава от базальтового до андезитового. При этом плотности всех этих пород варьируют слабо — обычно от 2,82 до 2,88 г/см. Причина тому нивелирующее влияние повсеместного развития в туфовом материале метаморфогенной хлорит-пренитэпидотовой цементации. Она мало изменяет валовый состав пород ,но сильно уменьшает их пористость (4-5% против 15-20% в кайнотипных базальтах, например. Камчатки) и повы­шает соответственно физические параметры плотности и, что особо важно, скоростные характеристики, создавая совер­шенно иную физическую среду по сравнению с молодыми вулканическими областями, где *Vp* в базальтовых разрезах мощностью до 5 км составляют 4,5—5,5 км/с (по Тюменской и Саатлинской сверхглубоким скважинам, на Камчатке, в Ислан­дии). По данным профилей МОВ—КМПВ, близ СГ-4 *Vp в* целиках практически с поверхности достигают 6 и 6,3 км/с. По результатам документации керна СГ-4, массивы пород в целиках монолитны, почти не трещиноваты, с выходом керна нередко 95—100% и длиной его кусков 50—80 см, иногда даже 2—4 м. Интенсивность вышеотмеченных метаморфических преобразо­ваний вулканитов с глубиной медленно нарастает, преобладающе землистые формы выделений сменяются ниже 3,5 км все лучше окристаллизованным эпидотом, что коррелируется с изменением некоторых физических параметров. Это также может иметь важ­ное значение в проблеме изучения теплопроводности и теплового потока по разрезу СГ-4. По изложенным причинам требуется постановка специальных детальных исследований по обозначен­ной проблематике. Помогут результаты их и в более точной реконструкции первичного химизма вулканитов разреза СГ-4.

Отметим, что разрез зеленосланцево- и более высоко метаморфизованных базальтов протерозоя Кольской СГ-3, при больших, чем в СГ-4 плотностях пород (вследствие большей их основности, до пикрит-базальтов), характеризуется близкими и большими *Vp* (6,5 и 6,8 км/с), которые снижаются до 5,8 км/с в разрезе осадочных пород ждановской свиты .

Высокоскоростные целики чередуются с интервалами с резко пониженными скоростями упругих волн и плотностей, видимо, зонами мелкой трешиноватости. Визуально в керне они невы­разительны, не имеют ясных границ и выделяются не всегда или неполно. Такие зоны наиболее выражены в интервалах 560—650;1800; 1850—1920; 2600—2750 м. Геологами некрупные, без милонитов, тектонические нарушения и зоны трещиноватости зафиксированы на глубинах 560—580; 1800; 2500—2510; 3480;3560 м. Предельно низкие *Vp* до 5,6 км/с присущи интервалам (3600—4300 м и др.), сложенным туфам и тефроидами кислого состава с плотностами около 2,75 г/см , вполне соответствую­щими составу пород и их скоростным характеристикам. Но на более поздних данных ВСП эта часть разреза по скоростям не выделилась.

Существуют и интерпретации, исходящие из того, что полученные для целиков на глубинах 1,2-3 км сейсмические скорости более 6,3 км/с слишком велики для андезитобазальто-вых вулканитов, даже уплотненных в результате метаморфиз­ма, и их следует связывать с повышенными значениями напряженного состояния в этих интервалах, чередующихся с таковыми тектонически разгруженного состояния, которые зачастую совпадают с интервалами повышенной динамичес­кой активности по данным сейсмоакустики. По данным глу­бинного сейсмоторпедирования (по В.А.Силаеву), для этих интервалов установлена скоростная анизотропия базальтоидов. Влияние последней и вариации напряженного состояния среды в связи с особенностями блоковой тектоники в каких-то частных проявлениях, безусловно, имеют место, в т. ч. создают большие сложности в проходке скважины (на глуби­нах 2500; 3700; 4980 м и др.), что делает их изучение и прогнозирование в подствольном пространстве по данным сейсмических зондирований особенно актуальными.

Данные сейсмоакустического каротажа (А.В.Троянов, 1997) в сопоставлении с другой геолого-геофизической информацией показывают, что по стволу выделяются целики с очень низкими шумами протяженностью чаще всего по 60—65; 130 и 200—230 м, на фоне которых выделяются отдельные узкие «шу­мящие» пики, в верхней части разреза чаще всего совпадающие с положением отражающих площадок на профиле ГСЗ (близ 850; 1700; 2005—2007 м), и/или с интервалами узких «провалов» в скоростном разрезе по ВСП, т. е. явно соответствуют тектони­чески ослабленным зонам, оказавшимся к тому же динамически активными в настоящее время (на 582—587;653—655; 834—848; 2175—2181; 2812—2882 м) либо же частота их встречаемости заметно повышена в широких интервалах пониженных *Vp* на 1025—1206; 1700-2185; 2600-2750; ниже 3480 м и др. Исклю­чение представляют интервалы (2500—2600 и 2730—3420 м), в которых наиболее высокие скорости сочетаются с частыми мощными зонами с интенсивными акустическими шумами; такая комбинация казалось бы несовместимых признаков (жест­кой, но тектонически нарушенной среды), возможно, как раз связана с тектонически напряженным состоянием этих блоков.

Изучение пластовых флюидов вклю­чало выяснение закономерностей изме­нения по разрезу состава газов и гид­рогеологические исследования.

Отбор газов производился как из ствола скважины, так и из образцов керна (газы открытых пор, глубокой сорбции). В результате установлено, что суммарное содержание газов уве­личивается с глубиной, достигая максимальных значений в интервале залег тания флишоидной толщи. Локальное увеличение газосодержания отмечено в зонах повышенной трещиноватости пород. В составе углеводородных га­дов разных форм нахождения домини­рует метан, концентрация его гомоло­гов на несколько порядков ниже. В пробах бурового раствора выявлено жезначительное содежание гелия (1,1—-2,7-104 мл/л) с тенденцией к росту с глубиной и максимумом концентрации в трещиноватых, тектонически на­рушенных интервалах 2930—3080, 3450—3770 м (до 4,8—8,1.10-4 мл/л). В составе газово-жидких включений преобладает водород, в меньшем коли­честве содержатся метан и азот, содер­жание гелия незначительное.

Водоносные горизонты выявлялись на основе оперативного изучения ва­риаций химического состава промывочной жидкости и ее дифференциаль­ного расхода. Затем проводились спе­циальные исследования, обеспечивающие получение представительной про­бы пластового флюида и достоверных данных по пластовому давлению и емкостно-фильтрационным параметром водоносных горизонтов. Выяснено, что водоносные горизонты приурочены к донам интенсивной трещиноватости. Все опробованные водоносные горизонты до глубины 2553 м насыщены весьма пресной водой с минерализаци­ей менее 0,3 г/л, находящейся в условиях гидростатического давления. Специфика ее гидрохимического состава, .наряду с данными изотопных исследо­ваний, свидетельствует о ее метеорном происхождении. Результаты гидрогеологических и гидродинамических ис­следований свидетельствуют о значительной глубине распространения зон открытой трещиноватости.

При сопоставлении вскрытого сква­жиной разреза с результатами назем­ных сейсмических исследований уста­навливается, что практически все за­фиксированные вдоль оси скважины отражающие площадки (на глубинах 600, 1500, 2500, 2900, 3500 м) отвечают отмеченным выше крупным зонам тек­тонических нарушений и повышенной трещиноватости. При этом последняя из площадок совпадает с кровлей фли­шоидной толщи. Выявляется, что сей­сморазведка, чутко реагируя на раз­рывные дислокации и физическое со­стояние пород, слабо улавливает изме­нения в литологии разреза. Ответ на вопрос, что собой представляют установленные ниже по разрезу отражающие поверхности, можно получить только при дальнейшем углублении скважины. В этом плане показательно высказывание президента Международной программы «Литосфера» К. Фукса: «У нас есть тысячи километров профилей сейсмического отражения, но мы не знаем, что они показывают».

В 1989 г. в рамках программы исследований на геотраверсе Уренгой-Верхняя Тура — Кривой Рог («Гранит») Баженовской геофизической экспедицией выполнены детализационные сейсмические наблюдения методом ре­гулируемого направленного возбужде­ния.

Характеризуя общее состояние ис­следований, следует отметить, что од­ной из наиболее острых проблем явля­ется выполнение предусмотренного программой комплекса исследований в околоскважинном пространстве, ко­торые пока ведутся в неполном объ­еме, без сопровождения структурного бурения достаточной координации. Не­обходимо ускорить обоснование и реа­лизацию геолого-геофизического (гео­динамического) полигона вокруг СГ-4.

В направлении повышения научной эффективности сверхглубокого буре­ния необходимо существенно усилий исследовательские возможности на са­мой скважине, особенно систематиче­ских замеров на больших глубинах флюидного трещинно-порового давле­ния и других гидродинамических пара­метров, оценки напряженного состоя­ния околоствольного массива, непре­рывной регистрации всех компонентов флюидной составляющей, совершенст­вования комплекса ГИС, ориентированного отбора керна с установлением палеомагнитных характеристик и др.

**7. Сейсмическая информация по стволу и району СГ-4**

Отражаю­щие элементы профилей ГСЗ и MOB не могут быть точно скоррелированны с геологией по стволу, поскольку скважина проходится, к сожалению, на удалении 1—1,5 км от профилей, авулканогенным разрезам присуща плохая выдержанность. Можно лишь утверж­дать, что подтвердилось общее моноклинальное строение разреза в верхней половине с углами падения слоев 45° на восток, что соответствует замерам слоистости в скальных обнажениях на по­верхности и по керну СГ-4. В прогнозном скоростном разрезе на основе дегализационных работ ГСЗ 1985 г. В.С.Дружинина были выделены и частные зоны инверсии скоростей, в т.ч. на глубинах 1500 и 2100 м. По ВСП, первый из них на фоне высокос­коростного интервала не выделен, но четко проявлен зоной дезин­теграции с резким уменьшением плотностей, а второй выделился зоной понижения скоростей до 5,9 км/с на глубине 2—2,2 км.

На прогнозном скоростном разрезе была выделена также зона инверсии скоростей на глубинах 6,3—7,5 км. Позднее методом вертикальных отражений в том же интервале зафиксирована среда с резко повышенной расслоенностью. Предположительно, она соответствует пачке осадочных пород низов ордовикской части палеозойского разреза. На профиле ОГТ ей соответст­вует на тех же глубинах система протяженных отражателей, имеющих слабое воздымание на восток и, судя по структурному рисунку, в 2 км восточное СГ-4 несогласно перекрываемых вышележащими базальтами, уже вскрытыми по СГ-4 (рис. 6). То есть объект на глубинах 6,3—6,7 км снова подтверждается. По­добная очень выдержанно распространенная ниже базальтов осадочная пачка, датированная фауной кародокского яруса ордовика, картируется на поверхности в западном борту Тагильско­го прогиба в 20 км западнее СГ-4. В связи с этим отметим, что один из важных результатов бурения СГ-4 до 5,4 км — установ­ленный факт, что для ордовикской части палеозойского разреза в районе СГ-4 остается очень узкий диапазон глубин, т. к. ниже 8—8,5 км, по данным ГСЗ , распространен явно иной комплекс (6,6—6,8 км/с, вероятно, амфиболитовых метаморфитов), хотя западнее мощности зеленосланцевых базальтов 02К—Оз и спилит-диабазового комплекса Оз—S1 достигают 6—8 км. Но во внутренней части Тагильского прогиба ,где бурится СГ-4, представляющей собой фланговую часть главной зоны базитового магматизма, на основе совместного рассмотрения геологической и геофизической информации прогнозируется резкое сокра­щение их суммарных мощностей примерно до 2 км и частич­ное замещение по латерали слоистыми отложениями удален­ных фаций. До бурения подобные точки зрения были мало обоснованными. Не исключается и вариант связи этого объ­екта с повышенной тектонической нарушенностью разреза на глубинах 6,3—7,5 км. Параметрическое значение будет иметь вскрытие этой части разреза бурением.

Интересна в рассматриваемых материалах выделенная на сейсмопрофиле MOB—ОГТ (1994—1995 гг.) сильная отражаю­щая граница, пересекающая проекцию ствола СГ-4 на глубине около 2900 м. Она имеет восточное падение, субсогласное с общим напластованием пород именновской свиты, но связывать ее с какими-либо вариациями литологии и фаций оснований нет. Для этого интервала характерно развитие грубых неминерализо­ванных трещин, по которым керн после подъема на поверхность распадается на блоки с ровными ограничениями; характерны также анизотропия физических свойств и пониженные скорости упругих волн, измеренных по керну и стволу скважины. Видимо, это сочетание признаков отвечает напряженному состоянию околоствольного массива, что косвенно подтверждается ослож­нениями бурения в пределах указанного интервала.

Позднее через уже пробуренную до глубины 5,3 км СГ-4 выполнен детальный профиль глубинного ОГТ по программе «Европроба», на одном из вариантов разреза которого четко и непрерывно на протяжении 10—13 км прослеживаются парал­лельные друг другу два отражателя, маркирующие всю структуру района бурения СГ-4. По глубине они соответствуют наиболее мощным осадочным пачкам в верхней (на глубинах 3000—3300м) и нижней (4860—5072 м) частях флишоидной толщи разреза СГ-4 (см. рис.6). Отражатели вверху имеют наклон 45°, что соответст­вует отражающим элементам на Красноуральском профиле ГСЗ и ориентировке слоистости в обнажениях и по керну СГ-4, тогда как ниже 2,5 км слоисость по керну все более выполаживается до 10 и 5° на глубинах 4—5 км (см. рис.6). На профиле ОГТ характеризуемые отражатели также очень плавно выполаживаюгся с глубиной до горизонтальных залеганий восточное СГ-4, переходящих в полого западные в восточном конце профиля. Их легко можно было бы принять за таловые надвиги с горизонталь­ными базальными поверхностями. Но изучение разреза в пере­сечениях их стволом СГ-4 показало, что оба структурных элемен­та по природе соответствуют нормальным наслоениям. В данном случае СГ-4, вероятно, выполнила важнейшую параметрическую задачу определения геологической природы одного из типов протяженных субгоризонтальных отражателей в верхней коре — если принять, что приводимый разрез — адекватное отражение реальной среды (на том же информационном массиве отстроены и другие варианты). Предполагавшийся ранее вариант, что сис­тема пологих отложений может быть обусловлена боковыми отражениями от происходящего южнее параллельно профилю разлома — в принципе вероятен, но в данном случае сомнительно существование двух строго параллельных друг другу на протяже­нии 10 км разломов. Прослеживание профилем ОГТ распростра­нения глубоко погребенной слоистой толщи с достоверно уста­новленной бурением мощностью около 2 км — это, вероятнее всего, обычная фиксируемая методом ОГТ в осадочных бассей­нах сейсмостратиграфия. Неожиданность ее в сплошном вулканогенном массиве логично объяснима: данный разрез в отличие от всех смежных формировался при устойчивом морском режиме осадконакопления в локальном грабене, занимающем всю внутреннюю часть Тагильского прогиба. По данным ранее вы­полненного Ю.С.Каретиным, затем АИ.Глушковым с соавтора­ми картирования флишоидной толщи, размеры оконгуривающего грабен ареала ее распространения на поверхности 18х70 км. Были установлены и встречные направления падения слоистости в обоих бортах грабена при почта горизонтальных залеганиях слоев в перекрывающих толщах в его центральной части, в т. ч. в скважинах н а глубинах 700—1350 м (см. рис.6). То есть вариант профиля ОГТ согласуется с независимыми геологи­ческими данными. На нем нижний отражатель в западной при-бортовой части палеорифга становится прерывистым, неотчет­ливым, видимо, соответствует типовой картине развития нарушенности бортов большим количеством мелких сбросов, разви­вающихся в процессе растяжений и погружений днища палео­рифга. В случае нижнего отражателя восточнее СГ-4 вероятна совмещенность с осадочной пачкой послойной тектонической нарушенности. В керне это проявлено в виде дискования очень жестких силицитов в результате развития грубого по­слойного кливажа в зоне мощностью 5—8 м, расположенной на 2—3 м выше литологического контакта силицитов с массивны­ми тектоническими ненарушенными породами офиолитового основания. Видимые на том же профиле ОГТ системы встречно падающих мелких кососекущих разрывных нарушений местами дают четко видимые, но очень незначительные по амплитудам (10—20 м) смещения вышеупомянутых протяженных отражате­лей, и нигде до показанных на профиле глубин 12 км не дают крупных тектонических усложнений разреза.

На том же информационном массиве ОГТ получены и от­стройки, на которых описанные выше отражатели просматри­ваются фрагментарно, вследствие нарушенности их системами очень частых субпараллельных кососекущих нарушений, более всего похожие на системы грубого кливажа. Наиболее развитая из них — с западными падениями под углами 60—70°. Она отмечена ранее в скальных обнажениях площади.

По имеющимся в районе профилям ГСЗ, МПВ-МОВ и ОГТ, геологическую природу подавляющего большинства более ко­ротких палогопадающи*х* отражающих элементов, в т. ч. отвечаю­щих границам крупных стратиграфических подразделений верх­ней части разреза коры, никому не удалось угадать по собствен­но сейсмической информации. Только бурение дало достовер­ные результаты. Геологическая природа и значимость многочис­ленных пологих и крутопадающих систем отражающих элемен­тов на детализаиионных профилях ГСЗ и на всех прочих в районе СГ-4 ясны из того, что они не нарушают заметным образом геологический разрез, а породы монолитны во всем объеме без проявлений рассланцевания и катаклаза. Поэтому несмотря на то, что многие из систем отражающих элементов имеют на сейсмопрофилях четкое выражение, большинство их, видимо, соответствуют лишь обычным в любом скальном мас­сиве системам трещиноватости и незначительным по амплиту­дам перемещений разрывам — их слишком много и они разно ориентированные, тогда как тектоническая структура в районе СГ-4 простая и, по геологическим данным, не имеет значитель­ных разломных усложнений.

На таком фоне по-новому выглядит проблема выделения по сейсмическим данным геологически значимых разломов и контактовых поверхностей разных толш и комплексов. Наиболее крупные выдержанные по распространенности структурно-вещественные мегакомплексы коры удается выделять и прослеживать достаточно уверенно только по совокупности данных, прежде всего, о скорост­ных параметрах среды, положению в общем разрезе коры, с учетом данных по отражающим элементам и геологии поверхности, по­скольку, как показал выполненный анализ всей системы профилей ГСЗ по Уралу, такие мегакомплексы характеризуются выдержан­ностью скоростных характеристик и их типовых вариаций . Оппоненты обычно указывают на различные неоднозначности вследствие влияния на физические параметры в коре вариаций давлений, напряженного состояния, флюидного режима и других трудно учитываемых факторов. Подобное влияние имеет место в частностях, но в целом интегральные скоростные характеристики крупных распространенных на больших пло­щадях единиц разреза определяются надежно, а их латераль­ные вариации закономерно согласуются с особенностями геологии поверхности.

**Заключение**

В числе наиболее важных результатов установлено :

вскрытый разрез надежно, во всех деталях увязывается с геологией поверхности (рис. 4);

установлена полная идентичность химизма главных типов базальтов выделенных формаций в разрезе СГ-4 и распростра­ненных на поверхности;

отработка детального геохимического профиля в створе с СГ-4 показала, что афировые базальты бимодального комплекса разреза СГ-4 ниже 5075 м и картирующегося на поверхности в 4,5—7 км западнее СГ-4 вписываются в единую латеральную геохимическую зональность вместе с базальтами офиолитового спилит-диабазового комплекса оси палеоспрединга, трассиро­ванной в 10 км западнее СГ-4 , т. е. относятся к фланговым образованиям этой оси и по мере удаления от нее все более калиевые и богатые Ti, Fe;

установлены целостность и закономерная направленность строения всего вскрытого разреза, ненарушенность его надвиговьми сдваиваниями и мощными разломными зонами с катаклазом и рассланцеванием пород;

нормальным седиментационным оказался и вскрытый на глубине 5070 м контакт между риолит-андезитобазальтовым комплексом именновской свиты островодужного типа и залега­ющим ниже бимодальным комплексом офиолитового основа­ния;

для оценок информативности данных геофизики о глубин­ном строении района важно, что мощность именновского ком­плекса 4—5 км была прогнозирована В.С.Дружининым на ос­нове скоростного разреза ГСЗ, тогда как геологические прогнозы давали вдвое меньшие мощности. Подтвердились для этой части разреза и прогнозные по ГСЗ интегральные скорост­ные характеристики среды — 6,1 км/с, что оказалось близким измеренным значениям. Мощность палеозойского вулканогенно-осадочного разреза в районе СГ-4, по данным ГСЗ, прогно­зируется 7,5—8 км;

более широкими исследованиями в районе в строении земной коры Тагильской структуры установлено развитие в нижней ее части линзы типа «коромантийской смеси» (К-М) мощностью 15—20 км, сочетающееся с утонченностью собст­венно кристаллической (без К-М) части коры — 28—33 км против 37—40 км в бортах.

Оценивая первые результаты буре­ния Уральской СГ-4, необходимо под­черкнуть, что главные задачи решают­ся на средних и нижних интервалах бурения. Уже сейчас, достигнув ре­кордной для рудных районов Урала глубины и обеспечив уникальную возможность непрерывного детального изучения разреза толщиной 4 км, СГ-4 дала ряд принципиально новых дан­ных, касающихся верхней части Та­гильского прогиба. Так, установлено более крутое залегание вулканогенно осадочных комплексов западного крыла прогиба с значительным превыше­нием проектной мощности. Получены новые факты, касающиеся возраста, фациальных условий и геодинамиче­ской обстановки формирования вскры­той части разреза. Изучен цикличе­ский характер вулканизма древней островной дуги и установлены его от­личия от современных аналогов. Выяв­лены закономерности метаморфиче­ских преобразований и особенности распределения в разрезе рудной мине­рализации. Впервые для этой части Урала получена достоверная информа­ция по физическим свойствам, текто­нической нарушенности, флюидонасыщенности и геотермическому режиму такого протяженного по глубине раз­реза, что дало возможность объектив­но оценить эффективность методов на­земной геофизики, в частности, устано­вить природу сейсмических отражаю­щих площадок.

Скважина практически вплотную по­дошла к решению ряда приоритетных фундаментальных и прикладных про­блем. Уже на ближайших интервалах проходки предстоит вскрытие горизон­тов, отвечающих стратиграфическому уровню расположенных поблизости медноколчеданных месторождений. Да­лее решение принципиальных вопро­сов по выяснению структурной пози­ции, составу и рудоносности образова­ний Платиноносного пояса, цикла байкалид, зон инверсии скоростей (волно­водов) и др.

Необходимо подчеркнуть, что СГ-4 не нацелена на непосредственное вскрытие конкретных промышленно значимых рудных объектов. Ее задачи в этом направлении более широки — уловить дыхание рудообразующих про­цессов, определить их направленность, установить новые глубинные критерии минерагенического прогноза. Сообраз­но общим задачам, стоящим перед глу­бинными исследованиями рудообразующих систем , это будет иметь важное значение для их реконструк­ции и способствовать построению об­щей модели рудогенеза.

Установив стратиграфическую непре­рывность или тектоническую разоб­щенность и скученность вскрываемого разреза, проходка скважины обеспечит (на примере Урала) проверку альтер­нативных моделей геотектонического развития. В итоге Уральская СГ-4 по­зволит впервые в мире получить достоверные факты о глубинном строении, рудоносности, эволюции и геодинами­ческой природе палеозойских подвижных поясов континентов. Использова­ние полученных результатов должно обеспечить прорыв геологических ис­следований на более высокий научный уровень.­

**Петрофизический разрез СГ-4**

 Рис.5.

**Профиль глубинного ОГТ**

Ось гравиметрической аномалии



 Рис.6.

1-кабанский комплекс; ll-именновская свита; lll-гороблагодатная толща; lv-туринская свита; v-Красноуральская зона.

## Содержание

 Введение

1.Геологическое строение района заложения скважины СГ-4

2.Цели и задачи СГ-4

3.Прогнозные модели Уральской СГ-4

4. Геологический разрез СГ-4

5. Петрографическая характеристика горных пород

6. Результаты геофизических исследований

7. Сейсмическая информация по стволу СГ-4

 Заключение

 Литература

## Литература

1. Башта К.Г., Горбачев В.И., Задачи и первые результаты бурения Уральской сверхглубокой скважины // Советская геология 1991.N 8. С.51-63.
2. Башта К.Г.,МарченкоА.И., Использование результатов бурения и исследований Уральской сверхглубокой скважины СГ-4 при региональных исследованиях // 100 лет Геологического картографирования на Урале. Екатеринбург,1997. С 211-220.
3. Дружинин В.С.,Каретин Ю.С., Детальные сопоставления наземной и скважинной информации по району Уральской сверхглубокой скважины // Отечественная геология.1999.Ν 5. С.42-48.
4. Румянцева Н.А.,и др., Уральская СГС // Сверхглубокие скважины России и сопредельных районов. С.96-118.