

II. ТЕКТОНИКА

А. В. Сначёв

ТЕКТОНИКА АРАМИЛЬСКО-СУХТЕЛИНСКОЙ ЗОНЫ

Арамилско-Сухтелинская зона расположена в пределах восточного склона Южного Урала и формально принадлежит Восточно-Уральской мегазоне, но по строению палеозойского разреза она хорошо коррелируется с Магнитогорской. Как будет показано, палеозойские толщи шарьированы на докембрийский сиалический блок Восточно-Уральской мегазоны. С запада по Байрамгуловскому разлому рассматриваемая зона отделена от Ильменогорско-Сысертского куполообразного поднятия, а по Петропавловскому — от Уйско-Новооренбургской зоны и Ларинского купола (рис. 1). На востоке она граничит главным образом с Кочкаро-Адамовской зоной, и лишь в северной ее части по Аргаяшскому надику с Касаргино-Рефтинской.

Арамилско-Сухтелинская зона в плане представляет собой узкую, вытянутую в северо-восточном направлении полосу шириной около 20–30 км, ограниченную от других структурно-формационных зон зонами смятия. В целом, на фоне общего гравитационного минимума, для нее характерны понижения гравиметрического поля в районах распространения кремнистых и кремнисто-глинистых осадочных разрезов и локальные максимумы, связанные с вулканогенными породами основного состава. Аномалии подчеркивают северо-восточное и северо-северо-восточное простирание главных структурно-формационных элементов. С небольшими гранитными массивами связаны отрицательные аномалии гравитационного поля. На общем спокойном магнитном поле резко выделяются интенсивные линейные аномалии, обусловленные гипербазитовыми массивами. Внутреннее строение зоны сложное, она представляет собой серию налегающих друг на друга тектонических пластин размером от 5 до 15 км в ширину и 10–30 км в длину; контакты между ними местами подчеркнуты небольшими телами серпентинитов. Пластины, состоящие большей частью из базальтов, слабо дислоцированы, тогда как осадочные образования (песчаники и алевролиты шеметовской толщи, кремнисто-углеродистые сланцы булатовской толщи) смяты

в мелкие складки различной ориентировки, что связано с разной компетентностью пород.

Для правильного понимания тектонического строения Арамилско-Сухтелинской зоны большую помощь оказывает анализ интерпретации геофизических материалов по Троицкому (ГСЗ) и Верхнеуральскому (МОВ) профилям, пройденным параллельно друг другу на широте примерно 52°. Оба профиля под прямым углом пересекают Арамилско-Сухтелинскую структуру в южной ее части, в нескольких километрах севернее Куликовского гипербазитового массива (рис. 1.).

На рис. 2. показан фрагмент (Восточно-Магнитогорский и Восточно-Уральский блоки) сейсмического разреза земной коры и верхней мантии по Троицкому профилю ГСЗ [Дружинин, Кашубин, 1986; Автонец и др., 1988]. Прекрасно видно, что в пределах Арамилско-Сухтелинской зоны (пикеты 127–130) проявлены элементы моноклиальной структуры западного падения, а древний фундамент относительно восточной части Восточно-Уральского блока погружается на глубину 12–15 км. Мощность палеозойского разреза оценивается здесь в 5–7 км, средняя плотность пород — 2,75 г/см³. Примечательно, что аналогичная картина наблюдается и по поверхности Мохо. Так, наиболее приподнятое ее положение (40–45 км) и сокращенная мощность переходной зоны отмечены под Чесменским гранитным массивом, а к западу, в сторону Ахуново-Кацбахского антиклинория, поверхность Мохо испытывает резкое погружение. На всем протяжении от Сугомакско-Кацбахского разлома на восток до Чесмы наблюдается резкий подъем промежуточных границ в земной коре, разграничивающих сейсмоструктурные этажи (K_1 , K_2), а также серия разрывных нарушений крутого западного падения. По предположению цитированных авторов, Арамилско-Сухтелинская зона является принадлежностью Магнитогорского мегаблока, хотя на рис. 2 видна, прежде всего, непрерывная прослеживаемость фундамента Восточно-Уральской мегазоны под эту зону.

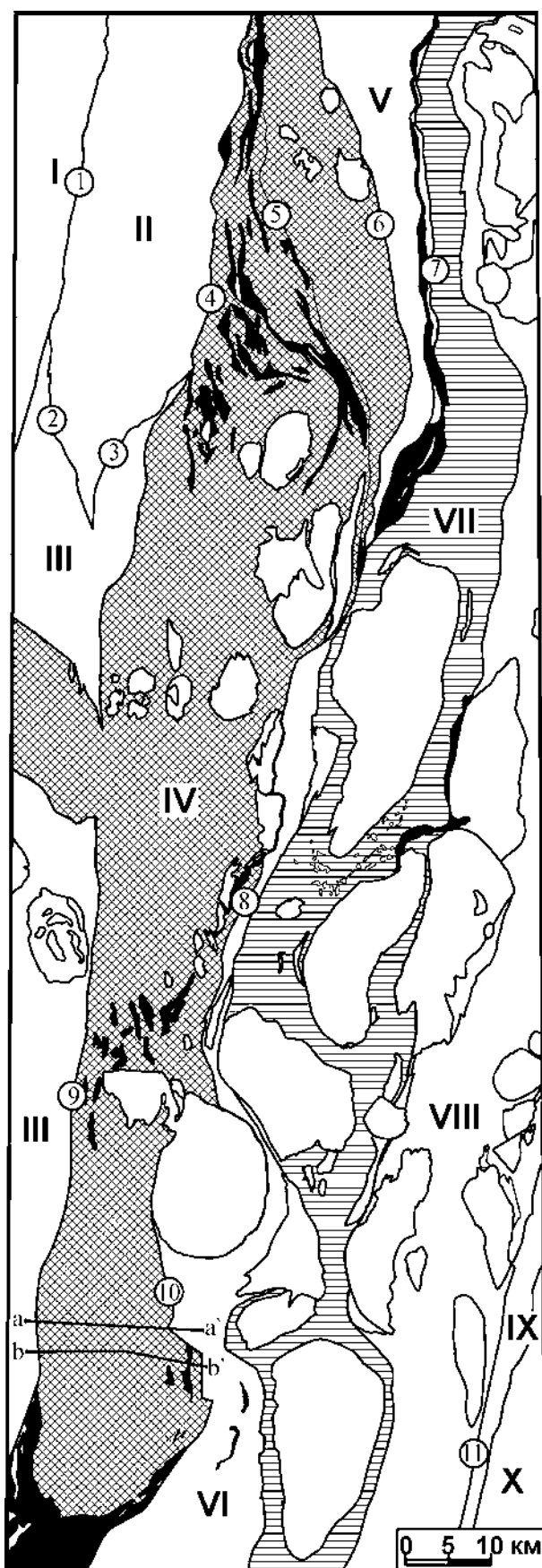


Рис. 1. Схема тектонического районирования

Условные обозначения: Римскими цифрами на схеме показаны зоны: I — Вознесенско-Присакмарская, II — Сысертско-Ильменогорская, III — Уйско-Новооренбургская, IV — Арамильско-Сухтелинская, V — Касаргино-Рефтинская; VI–VIII — Кочкаро-Адамовская: VI — западная подзона, VII — центральная подзона, VIII — восточная подзона; IX — Копейская, X — Зауральская. **Арабскими цифрами показаны разломы:** 1 — Миасский, 2 — Бикилярский, 3 — Кундравинский, 4 — Байрамгуловский, 5 — Травниковский, 6 — Аргаяшский, 7 — Казбаевский, 8 — Муранкинский, 9 — Петропавловский, 10 — Натальинский, 11 — Новомирский. Фрагменты сейсмических профилей: a–a' — Троицкий, b–b' — Верхнеуральский

Более определенно этот вопрос рассмотрен в статье В.Н. Пучкова и А.Н. Светлаковой [1993], посвященной строению Южного Урала по Троицкому профилю ГСЗ. Авторы, обратившие большее внимание на анализ материала по отражающим площадкам, отмечают, что Магнитогорская мегазона и западная часть Восточно-Уральской (от зоны ГУРа до пикетов 126–127) на глубине образуют единую синформную структуру (рис. 3). Максимальная ее глубина достигает 50–55 км. Синформа имеет асимметричное строение. Западное ее крыло имеет пологий восточный наклон площадок, а восточное — более крутой западный. В районе пикета 129 структура разбита крупным разрывным нарушением, соответствующим на поверхности Сугомакско-Кацбахской зоне разломов. Прослежена она до глубины порядка 20 км. На рис. 3 хорошо видно, что все слои, примыкающие к разлому с запада, образуют небольшие изгибы «антиклинального» вида, а более восточные — при крутом западном падении ныряют под эти изгибы. Подобное явление отчетливо просматривается и на рис. 2. При этом, как и в предыдущей интерпретации, фундамент Восточно-Уральской мегазоны прослеживается под Арамильско-Сухтелинскую зону.

В интерпретации геофизических материалов по Верхнеуральскому профилю [Меньшиков и др., 1983] для нас наибольший интерес также представляет область сочленения Арамильско-Сухтелинской зоны с Восточно-Уральской (рис. 4) (пикеты 85–92, что в общем соответствует пикетам 128–127 Троицкого профиля, где нумерация обратная). Как видим, рисунок сейсмических границ, отражающих площадок, тектонических нарушений подобен таковому Троицкого профиля. Здесь также отчетливо просматривается западное падение всех рассматриваемых элементов, но более крутое для разрывных нарушений. И что особенно важно, серпентиниты Куликовского гипербазитового массива, обрамляющие в пределах профиля с запада и востока Арамильско-Сухтелинскую зону, соединяются на

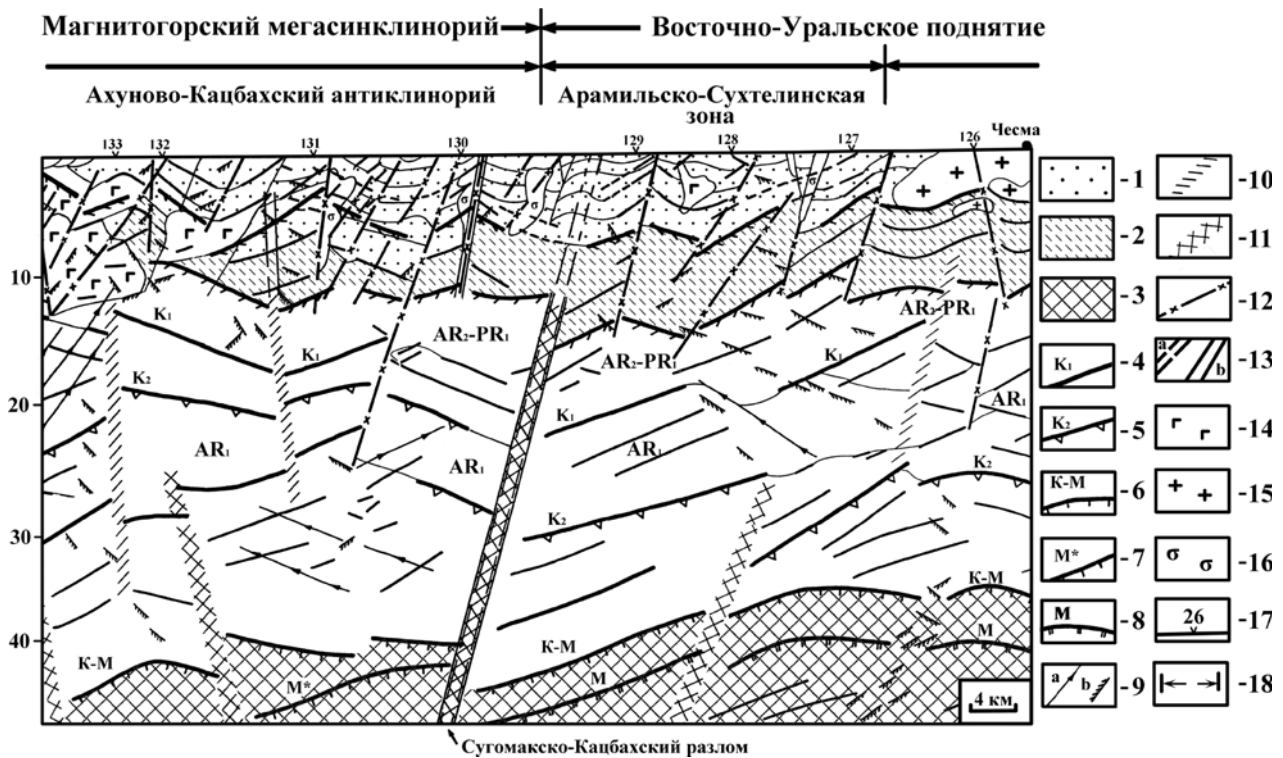


Рис. 2. Геологический разрез Арамилско-Сухтелинской зоны по Троицкому профилю по С.В. Автонееву и др. [1988], с упрощениями

Условные обозначения: 1–2 — структурные этажи: 1 — палеозойский, 2 — протерозойский; 3 — верхняя мантия; 4 — промежуточные границы в земной коре, разграничивающие сейсмоструктурные этажи (ССЭ) на мегакомплексы; 5 — поверхность третьего ССЭ (возможно протокрыла); 6 — поверхность IV ССЭ (переходная зона от земной коры к верхней мантии) ($V_n = 6,2–8,0$ км/с, мощность от 3–5 до 15–20 км); 7 — поверхность высокоскоростной части IV ССЭ ($V_n = 7,2–8,2$ км/с, $V_n = 3,2–3,25$ г/см³); 8 — поверхность верхней мантии (основной раздел Мохоровичича); 9 — совокупность отражающих площадок (а) или отдельных площадок (б), занимающих несогласное положение с общим структурным планом; 10–11 — предполагаемые глубинные разломы, разделяющие крупные блоки; 12 — земной коры, 11 — земной коры и верхней мантии; 12 — разрывные нарушения в верхней части земной коры, приуроченные к крутопадающим отражающим площадкам; 13 — границы блоков и комплексов в соответствии с магнитной (а) и гравитационной моделью (б); 14–15 — интрузивные формации: 14 — габбровая, 15 — гранит-лейкогранитовая; 16 — серпентиниты аподунит-перидотитовые; 17 — пункты взрыва; 18 — границы тектонических зон

глубине и трассируют подошву более мелкой синформной структуры, выполненной преимущественно вулканогенными образованиями ордовикско-девонского возраста. При этом наличие легкого кристаллического гранито-гнейсового фундамента под тяжелыми гипербазитами и вулканитами Сухтелинского аллохтона подтверждается также и особенностями гравитационного поля.

Проведенный позже несколько южнее профиль УРСЕЙС–95 [Глубинное строение..., 2001] в целом подтвердил вышеприведенные интерпретации. На рис. 5 стрелкой показана проекция южного окончания Сухтелинской синформы на этом профиле, попадающая на западный фланг Восточно-Уральской зоны (на профиле он показан как Суундукско-Челябинская антиформа). В интерпретации В.Н. Пучкова и А.Н. Светлаковой [1993] четко показан бивергентный характер Уральского

орогена, хотя впоследствии об этом говорилось как об одном из главных достижений интерпретаторов профиля УРСЕЙС–95, без ссылки на предшественников [Echtler et al., 1996].

Особенности геологического строения и тектонического развития зоны с учетом данных по ее глубинному строению позволяют выделить два структурных этажа.

Верхнепротерозойский структурный этаж в Арамилско-Сухтелинской зоне на поверхности не развит, но о его характере на глубине предположительно можно судить по геологии изученной нами сопредельной структуры — Ларинского купола, где докембрий представлен кварцитами, амфиболитами и гнейсами сайтовской свиты ($RF_2?st$). В пределах купола распространены также метаморфизованные ультрамафиты и габброиды каганского комплекса ($RF_2?k$).

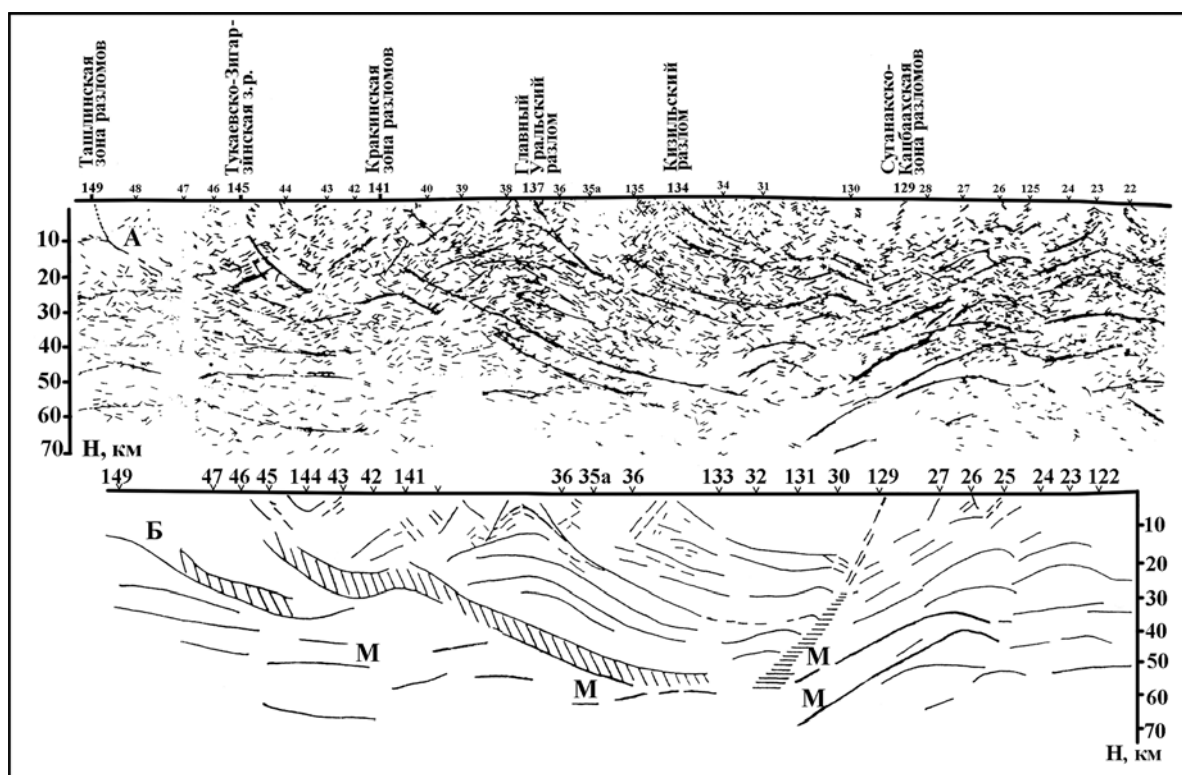


Рис. 3. Фрагмент волнового поля (поля площадок) тождественного мигрированному временному разрезу на участке Центральном (Троицкий ГСЗ) В.Н. Пучков, А.Н. Светлакова [1993]

Отложения палеозойского структурного этажа сформировались в различных геодинамических обстановках и заметно отличаются друг от друга. Ордовикско-лландоверийские породы образовались в условиях спрединга, когда происходило образование новой океанической коры; они представлены: O_2ck (чебаркульский пояс) — гарцбургитами и габбро, O_2kl (куликовский пояс) — серпентинизированными дунитами, перидотитами; $O_2\delta m$ (шаметовская толща) — базальтами и гиалокластитовыми брекчиями; выше залегает S_1-D_1bl (булатовская толща) — углеродистые сланцы и алевролиты (океанический чехол). В девоне, в связи с заложением островных дуг, появляются отложения: $D_2^?kv$ (кулуевская толща) базальт-андезитовой формации, D_2ad (аджатаровская толща) базальт-андезит-дацитовая формации. В позднем девоне на линейных, субширотно вытянутых структурах ордовика и силура начинают развиваться кольцевые вулканогенно-интрузивные образования: D_3kr (краснокаменный комплекс) — базальты, трахибазальты и их туфы, вулканомиктовые песчаники и алевролиты, габброиды, сиениты. Раннекаменноугольное время характеризуется снижением магматической активности, она проявляется в виде неплюевского диорит-гранодиорит-гранитного

комплекса (D_3-C_1) и C_1vb (большаковский комплекс) — габбро, габбро-нориты. В то же время в тектонически стабильной и амагматичной обстановке накапливаются отложения сосновской толщи (C_1ss) — песчаники, алевролиты, сланцы, известняки, а также известняки с прослоями алевролитов биргильдинской толщи (C_1br). Вспышка коллизионного раннепермского интрузивного магматизма на Южном Урале слабо затронула Арамильско-Сухтелинскую зону, она проявилась в виде гранитоидов еланчиковского комплекса (P_1e) и небольших массивов монцодиорит-граносиенит-гранитовой формации и тел граносиенитов степнинского комплекса (P_1st).

В качестве главных разрывных нарушений можно выделить (рис. 1): Байрамгуловский разлом (4) ограничивающий Арамильско-Сухтелинскую зону от Сысертско-Ильменогорского поднятия. Петропавловский разлом (9) является границей с Уйско-Новооренбургской зоной смятия. От Кочкаро-Адамовской Арамильско-Сухтелинская зона отделяется Муранкинским разломом (8), представляющим из себя зону интенсивного смятия, и на самом юге — Натальинским надвигом (10). Внутри Арамильско-Сухтелинской зоны можно выделить Травниковский разлом (5), отделяющий

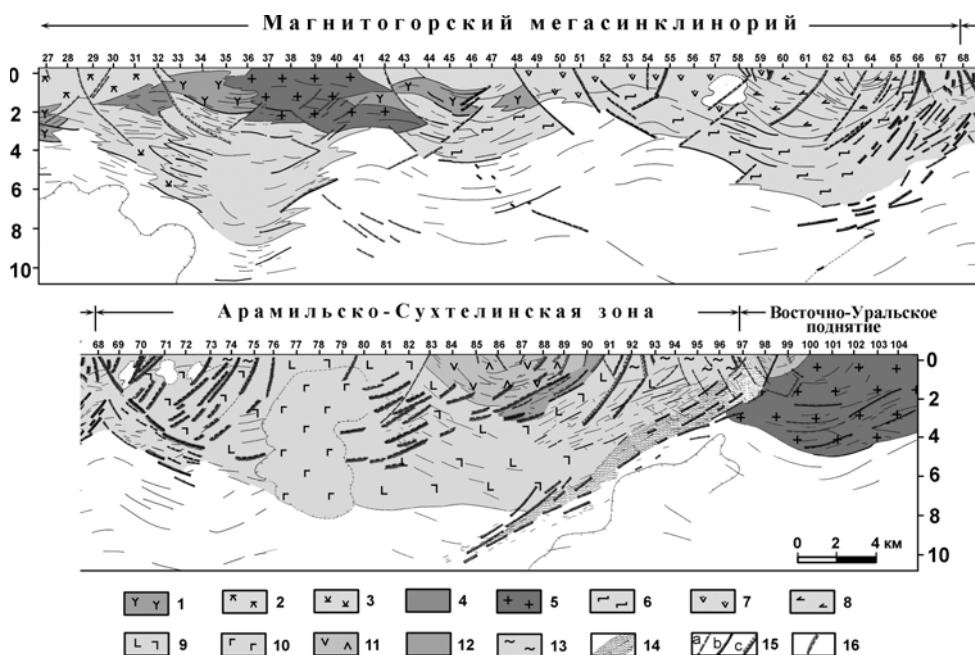


Рис. 4. Геологическая интерпретация геофизических данных по Верхнеуральскому (XIV) профилю (по Ю.П. Меньшикову и др. [1983])

Условные обозначения: 1 — образования контрастно и последовательно дифференцированной субформации с широким проявлением кислого вулканизма, в том числе и в субвулканических фациях; 2 — эффузивы преимущественно андезито-базальтового состава и их туфы; 3 — диабазы, спилиты, диабазовые порфириды нижней части разреза липарит-базальтовой субформации; 4 — сиениты, граносиениты; 5 — граниты, гнейсо-мигматиты; 6 — диабазы, спилиты, базальтовые афириты, прослои кремнистых пород; 7 — вулканиды участками значительно эпидотизированы и амфиболитизированы; 8 — пепловые кремнистые туфы, кремнистые сланцы, яшмоиды с маломощными прослоями диабазов и диабазовых порфиридов; 9 — преимущественно диабазы, порфириды базальтового, реже андезито-базальтового состава, их туфы; 10 — образования диабазовой формации, насыщенные интрузиями основного состава; 11 — эффузивы базальтового, андезито-базальтового, андезитового и андезито-дацитового состава, их туфы, прослои туфогенных алевролитов, глинисто-углеродистых и глинисто-кремнистых сланцев; 12 — серпентиниты, серпентинизированные ультрабазиты; 13 — кремнисто-известково-глинистые сланцы, туфогенные песчаники, кварцевые порфириды липаритового состава, фельзитовые порфириды, реже порфириды базальтового и андезито-базальтового состава; 14 — тектоническая зона; 15 — тектонические нарушения выделенные: а — предположительно по неполному комплексу геофизических данных, б — по полному комплексу геофизических методов, с — по полному комплексу геофизических методов и геологическим данным; 16 — разломы с телами серпентинитов

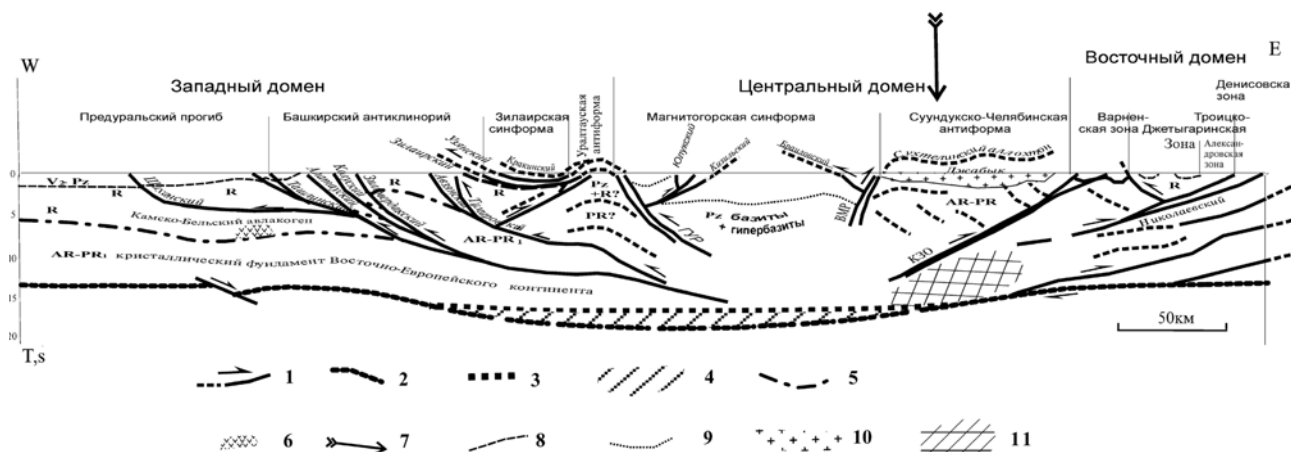


Рис. 5. Главнейшие элементы структуры земной коры на профиле УРСЕЙС–95 (составил В.Н. Пучков, [Глубинное строение..., 2001])

Условные обозначения: 1 — разломы (названия даны курсивом); 2 — граница Мохо по данным МОВ; 3 — граница Мохо по данным широкоугольной сейсмики; 4 — переходная зона на границе Мохо; 5 — кровля архейско-раннепротерозойского фундамента; 6 — предполагаемая область развития раннерифейских изверженных пород на продолжении Камско-Бельского авлаогена; 7 — проекция Арамилско-Сухтелинской зоны на линию профиля; 8 — кровля рифейского разреза; 9 — кровля кристаллического фундамента островной дуги; 10 — джабыкские граниты; 11 — предполагаемое развитие кислых пород в нижней коре

девонские вулканогенные разрезы от ордовикско-силурийских вулканогенно-осадочных. Все разломы хорошо проявляются по результатам геофизических исследований.

Анализ материала определенно указывает на шарьирование океанических и островодужных энзиматических формаций Арамильско-Сухтелинской зоны на докембрийский сиалический фундамент западного края Восточно-Уральского микроконтинента. Перемещение палеозойских вулканогенно-осадочных образований происходило с запада на восток из Магнитогорской мегазоны в период позднепалеозойской коллизии. Таким образом, Арамильско-Сухтелинскую зону в современном структурном плане, учитывая ее глубинное строение, можно рассматривать как фланг Восточно-Уральской мегазоны, а в палеотектоническом аспекте — как восточное, шарьированное и относительно глубоко эродированное продолжение Магнитогорской мегазоны.

Литература:

Дружинин В.С., Кашубин С.Н. Строение Южного Урала по Троицкому профилю ГСЗ // Советская геология. — 1986. — № 7. — С. 24–31.

Автонеев С.В., Дружинин В.С., Кашубин С.Н. Глубинное строение Южного Урала по Троицкому профилю ГСЗ // Советская геология. — 1988. — № 7. — С. 47–53.

Пучков В.Н., Светлакова А.Н. Строение Южного Урала по Троицкому профилю ГСЗ // ДАН СССР. — 1993. — Т. 333, № 3. — С. 348–351.

Меньшиков Ю.П., Кузнецова Н.В., Шебухова С.В., Никишева Г.Н. Тектоника северной части Магнитогорского бассейна по геофизическим данным // Разломы земной коры Урала и методы их изучения. — Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. — С. 65–78.

Глубинное строение и геодинамика Южного Урала (проект Уралсейс) / *Отв. ред. А.Ф. Морозов.* — Тверь: ГЕРС, 2001. — 286 с.

Echtler H.P., Stiller M., Steinhoff F. et al. Preserved collisional crustal structure of the Southern Urals revealed by vibroseis profiling // Science. — 1996. — V. 274. — P. 224–226.