

Итоговый развернутый научный отчет по проекту РФФИ за 2015-2016 гг.

Номер проекта: 15-55-05009

Название проекта: Четвертичная геодинамика Северо-Западной Армении

Руководитель проекта: Трифонов Владимир Георгиевич

Объявленные ранее цели Проекта

Согласно заявке на выполнение проекта, его целью являлось определение относительной роли факторов, обусловленных коллизионным взаимодействием плит и блоков литосферы, и факторов, обусловленных магматическими процессами, в происхождении и развитии горообразующих поднятий и межгорных впадин вулканических областей на примере четвертичных структур Северо-Западной Армении. Для этого предполагалось решить три конкретные задачи: (1) изучение и сопоставление разрезов впадин с применением палеомагнитного, радиоизотопных, палеонтологических и археологических методов датирования; (2) изучение, сопоставление и датирование вулканических образований; (3) изучение четвертичной структуры региона и истории её развития.

Полученные в ходе выполнения Проекта важнейшие результаты

В ходе выполнения проекта (2015-2016 гг.) основные исследования были сосредоточены в Ширакской впадине по двум причинам. Во-первых, эта впадина – самая большая межгорная впадина в регионе, и её разрез – наиболее полный и мощный. Во-вторых, расположенные вокруг впадины вулканы разного возраста дают возможность с наибольшей полнотой изучить соотношения развития впадины с вулканизмом. Кроме того, были собраны новые данные и обработаны материалы, относящиеся к ранее изучавшимся нами впадинам Верхнеахурянской, Лорийской, долины р. Памбак и её юго-восточного продолжения, и выполнено предварительное изучение впадины Малого Севана и её юго-восточного обрамления для сравнения с Ширакской впадиной. Получены также новые данные о строении и развитии разделяющих впадины новейших поднятий. В ходе работ обследовано 90 пунктов наблюдений, в том числе детально описаны 24 разреза (рис. 1, 2 в Приложении). Из них отобраны 340 образцов для определения остаточной намагниченности, 50 проб на спорово-пыльцевой анализ и 31 проба для химического анализа, детального петрохимического изучения и К-Аг датирования. В разрезах 317, 318, 326, 336, 408 и 412 собраны представительные коллекции фауны моллюсков, в разрезах 317 и 318 найдены костные остатки рыб, в разрезах 124 и 318 – зубы грызунов и в разрезах 12, 411 и 430 – кости крупных млекопитающих. Учтены при оценке условий образования и возраста отложений находки раннепалеолитических каменных индустрий, сделанные работавшими с нами археологами в разрезах 1, 3, 10, 12, 103, 226 и 227.

Новейшие впадины СЗ Армении сформировались в плиоцен-четвертичное время, а Ширакская впадина заложилась, возможно, ещё в конце миоцена. Ранее в регионе существовала продольная к Альпийско-Гималайскому поясу тектоническая зональность, определявшаяся существованием вскрытой в Базумском и Сомхетском хребтах Севано-Акеринской сутуры Мезотетиса. Севернее сутуры среди меловых отложений много вулканических пород известково-щелочного ряда, южнее их количество резко сокращается. Подобное различие характерно и для эоценовых отложений, что подтверждает полученная нами К-Аг дата дациита 37.0 ± 0.9 млн лет в истоке р. Дебед (обр. 61, табл. 1 в Приложении). В эоцене или олигоцене могли сформироваться также интрузии гранитоидов северо-западной части Сомхетского хребта. Эоценовые и более древние отложения подверглись складчатости в конце эоцена и олигоцене. Развитие региона в раннем и среднем миоцене неопределённо. Единственное свидетельство вулканической активности этого времени – полученная нами К-Аг дата 22.5 ± 0.6 млн лет базальта Джаджурского перевала (обр. 220, табл. 1 в Приложении). Выходы мел-

палеогеновых и редко более древних пород приурочены к новейшим хребтам-поднятиям широтного и СЗ простирания. Кроме них, в новейшее время оформились меридиональные поднятия. Главную роль играет поднятие, названное Е.Е. Милановским [1968] Транскавказским. Оно проявляется в деформации продольных новейших структур; к нему приурочены крупнейшие вулканы: Джаватетского хребта, Мец-Шараилер и Арагац. Транскавказское поднятие отделяет западные впадины, Верхнеахурянскую и Ширакскую, от восточных впадин, Лорийской и Памбакских (см. рис. 1, 2 в Приложении).

В основании разреза вулканогенно-осадочного чехла Ширакской впадины залегают, по данным бурения [Саядян, 2009], вулканогенно-осадочные брекчии вохчабердской свиты мощностью до 900 м. Их возраст считается верхнемиоценовым (мессинским) по аналогии со сходными отложениями в окрестностях г. Еревана. Однако полагать, что эти отложения свидетельствуют о позднемиоценовом прогибании впадины, нельзя, поскольку мощные брекчии вохчабердской свиты вскрыты и на южном борту впадины (овраг Магаридзор в северо-западных предгорьях Арагаца). В составе обломков есть аналоги верхнемиоценовых лав восточного обрамления Ширакской впадины (хребты Цахкуняц и Техекуняц [Karapetian et al., 2001]) и, возможно, эоценовых пород, но определённо присутствует местный вулканический материал, например, блок базальтового андезита подушечной формы 2.2 м по удлинению с хорошо сохранившейся первичной текстурой поверхности (обр. 431/2, табл. 2 в Приложении). Обломки сцементированы лавовым и туфовым, а по периферии ареала также терригенным материалом.

После накопления вохчабердской свиты прогибавшуюся впадину заполнили тонкообломочные озёрные отложения акчагыла мощностью до 550 м, известные только по данным бурения [Саядян, 2009]. Если после их накопления северная часть впадины оставалась депрессией, она была заполнена базальтовым андезитом с К-Аг датой 2.25 ± 0.10 млн лет (обр. 340, табл. 1 и 2 в Приложении), потоки которого распространились с южной части Джавахетского нагорья. Область прогибания не охватывала современную южную часть впадины, где плейстоценовые осадки залегают на позднеплиоценовых основных лавах и с юга ограничены плиоценовыми вулканическими образованиями. Их разрезы вскрыты в районе развалин Ани, с. Айкадзор и пос. Анипемза. В основании разреза залегают слабо щелочные базальты и базальтовые андезиты плиоцена (обр. 429/1, табл. 2 в Приложении), вероятно, происходящие с Карс-Дигорского нагорья на западном (турецком) обрамлении впадины. Выше следуют риолитовые литокластические туфы и игнимбриты, маломощные на берегу р. Ахурян возле развалин Ани, но возрастающие в мощности к ст. Ани и пос. Анипемза, вблизи которого находился центр извержений (320, 322/2=418, 419, 429/2, рис. 1, 2 и табл. 2 в Приложении). Возраст туфов – 3.14 ± 0.10 млн лет (табл. 1 в Приложении). Выше залегают базальтовые андезиты, возраст которых определён В.А. Лебедевым как 2.64 ± 0.10 млн лет.

Четвертичный разрез Ширакской впадины представлен карахачской, анийской и арапийской свитами. На северном борту впадины вскрыта карахачская свита, стратотипический разрез которой находится в карьере Карахач на западе Лорийской впадины [Trifonov et al., 2016]. В Ширакской впадине свита мощностью до 20 м залегает на базальтовых андезитах возрастом ~2.1–2.3 млн лет и сложена в верхней части аллювиальными конгломератами, а в нижней преимущественно тонкообломочными породами, которые в разрезе 306 имеют озёрный облик (рис. 3 в Приложении). Аналоги карахачской свиты, возможно, присутствуют в основании обломочной части разреза скважины № 6 возле с. Мармашен [Саядян, 2009], но южнее их нет, и более молодые четвертичные отложения непосредственно перекрывают докарахачские образования. Описанные отложения отнесены к карахачской свите на основании их геоморфологического положения, сходства найденных предметов каменной индустрии древнейшего палеолита и характера остаточной намагниченности со стратотипическим разрезом, где свита датирована радиоизотопными определениями и по характеру остаточной намагниченности в интервале 1.90–1.75 млн лет.

В поверхность, сложенную на северном борту Ширакской впадины карахачской свитой (1760–1750 м), вложена и расположена на 60–70 м ниже (1660–1700 м) Капская терраса с обломочными отложениями разреза 209 мощностью 5.5 м, залегающими на базальтовых андезитах с К-Аг датой 2.1 ± 0.2 (обр. 208, табл. 1 в Приложении) и сопоставляемыми нами с куртанской свитой, стратотипический разрез которой описан в Лорийской впадине. К югу Капская терраса резко понижается по Капской флекуре и переходит в поверхность северной части Ширакской впадины. При этом мощность отложений быстро возрастает. Они разделены Ю.В. Саядяном [2009] на нижнюю анийскую и верхнюю арапийскую свиты. Каждая из них представляет собой цикл осадконакопления с преобладанием озёрных отложений в нижней части и аллювиальных в верхней (рис. 4 и 5 в Приложении). Нижние части сложены глинами и алевроитами с пластами диатомита и раковинами пресноводных моллюсков. На краях впадины в них вклиниваются линзовидные прослои галечно-гравийно-песчаного материала аллювиального происхождения (разрезы 336 анийской и 219 арапийской свит), доминирующего в верхах обеих свит. Наиболее полный разрез анийской свиты описан в скважине 6 в с. Мармашен [Заикина и др., 1969], где мощность свиты достигает 137 м, из которых 114 м приходится на озёрную толщу. В разрезе 337 арапийской свиты её мощность составляет 60–70 м, из которых на нижнюю озёрную толщу приходится больше половины [Агаджанян, Мелик-Адамян, 1985]. На юге впадины (разрезы 317 и 318) вся арапийская свита сложена озёрными глинами, алевроитами и диатомитами. Очевидно, там озёрный бассейн сохранялся дольше, чем на севере. В северной части Ширакской впадины анийская свита слагает Мармашенский уровень рельефа 1630–1600 м, а арапийская свита – Гюмринский уровень 1490–1525 м. Иначе говоря, арапийская свита вложена в анийскую. В разрезе 317 маломощная анийская свита подстиляет арапийскую и выклинивается к югу и востоку. Возле южного борта впадины, в разрезе 318, арапийская свита залегает на плиоценовых лавах. Таким образом, в ходе четвертичного развития северная часть Ширакской впадины поднималась, и область осадконакопления смещалась в южную часть впадины [Трифонов и др., 2017].

Анийская и арапийская свиты залегают выше основных лав возрастом 2.3–2.0 млн лет и перекрыты игнимбритом (ленинаканским туфом) возрастом 0.68–0.70 млн лет. Основная часть анийской свиты намагничена обратно с двумя интервалами прямой полярности, а самые верхи разреза 326 (Вохджи) характеризуются нормальной полярностью. Среди многочисленных находок малакофауны существенно преобладают вымершие плейстоценовые виды, что не позволяет датировать вмещающие слои моложе начала среднего плейстоцена. Спорово-пыльцевые спектры из низов разрезов 326 и 336 сходны со спектрами апшеронского возраста Каспийской области [Филиппова, 1997] и гурийско-раннечаудинскими спектрами территории Грузии [Shatilova et al., 2011]. По этим данным свита датируется верхами калабрия (низы не моложе 1.24 млн лет) и самыми низами среднего плейстоцена.

Для определения возраста арапийской свиты решающим является обнаружение в верхах разреза 318 (Айкадзор) зубов грызунов (более 60 экз.) [Tesakov, 2016]. Преобладают зубы древней водяной полевки *Mimomys intermedius* Newton (более 40 экз.), найдены зубы кустарниковой полевки *Microtus (Terricola) cf. majori* Thomas, землеройки-бурозубки *Sorex* sp., водной землеройки куторы *Neomys* sp. и пеструшки *Lagurini* gen. Эта фауна по эволюционным параметрам *Mimomys intermedius* и присутствию *Microtus (Terricola)* датируется в интервале 0.78–0.6 млн лет. Она не может быть моложе 0.6 млн лет, поскольку в более молодых фаунах повсеместно появляется водяная полевка рода *Arvicola*, а здесь присутствует ее предок *Mimomys*. К аналогичным оценкам возраста арапийской свиты пришёл Г.У. Мелик-Адамян [1994; Агаджанян, Мелик-Адамян, 1985], исследовавший зубы грызунов из верхов арапийской свиты разрезов Арапи (337) и окрестностей г. Гюмри. Такой оценке возраста свиты не противоречат находки фауны крупных млекопитающих, сделанные нами в разрезе 430 и обнаруженные ранее в г.

Гюмри [Мелик-Адамян, 2004]. Эта оценка подкрепляется нормальной намагниченностью отложений свиты и тем, что все виды пресноводных моллюсков, найденные в разрезах 317 и 318, в отличие от моллюсков анийской свиты, существуют до сих пор. Анализ костных остатков рыб и диатомей указывает на мелководные озёрные условия осадконакопления.

Нижняя и наибольшая по мощности часть чехла Лорийской и Верхнеахурянской впадин сложена вулканическими породами, которые мы, вслед за Э.Х. Харазяном (1968), разделили на 5 комплексов, уточнив их возраст [Trifonov et al., 2016]. Комплекс I базальтовых андезитов, трахиандезитов, дацитов, риолитов и обсидианов обнажён на западе Верхнеахурянской впадины. Сравнение с вулканическими толщами грузинской части Джавахетского нагорья [Лебедев и др., 2008], дополненное исследованиями В.А. Лебедева в хребте Егнахаг на западном обрамлении впадины, позволило сопоставить комплекс I с нижней частью разреза грузинской Джавахетии, датированной в диапазоне 3.75–3.05 млн лет, т.е. отнести комплекс I к позднему плиоцену.

Вулканический комплекс II сложен слабощелочными базальтами и базальтовыми андезитами. Они обнажены на склоне Джавахетского нагорья, слагают днища Лорийской, Верхнеахурянской и севера Ширакской впадин и распространяются по долинам рек Дзорагет-Дебед, Ахурян и Машавера на десятки километров. В истоках Дебеда (устье ручья Марц) базальты образуют серию мощностью до 370 м, состоящую, как минимум, из 10 потоков. Возраст серии – от 2.51 ± 0.12 млн лет у ранних потоков до 2.00 ± 0.10 млн лет у поздних, т.е. соответствует гелазию (табл. 1 в Приложении). Такое залегание комплекса II свидетельствует о том, что Лорийская и Верхнеахурянская впадины к началу плейстоцена уже существовали как депрессионные структуры.

Согласно геологическим наблюдениям, комплекс III базальтовых андезитов, андезитов и трахиандезитов и дацитовый комплекс IV моложе комплекса II. В комплексе IV различаются лавы вулканов осевой части и восточного склона Джавахетского хребта и экструзивные купола. Их К-Аг датировки находятся в интервале от 1.96 ± 0.08 до 1.81 ± 0.05 млн лет. Базальтовый андезит комплекса III в ручье Севджур возле карьера Карахач имеет возраст 1.87 ± 0.10 млн лет, тогда как в других обнажениях этот комплекс подстилает дацитовые вулканические постройки. По-видимому, комплекс III частично синхронен комплексу IV, но охватывает более широкий возрастной интервал. Комплекс V трахиандезитов и базальтовых андезитов западного склона Джавахетского хребта продолжается трахиандезитами Карахачского перевала (обр. 121), датированными возрастом 1.70 ± 0.07 млн лет, т.е. отвечает низам калабрия.

Туфогенно-терригенные отложения Лорийской и Верхнеахурянской впадин разделены нами на карахачскую и куртанскую свиты [Trifonov et al., 2016]. Карахачская свита вскрыта в наиболее возвышенных частях впадин – на западе Лорийской впадины и северном борту Верхнеахурянской впадины. В стратотипическом разрезе Карахач свита состоит из двух пачек (см. рис. 3 в Приложении). Нижняя нормально намагниченная пачка – чередование линз галечника и гравийно-песчано-суглинистого материала общей мощностью 8 м. В 3–3.7 м от кровли находится пласт пеплового туфа с SIMS U-Pb датой 1.947 ± 0.045 млн лет. Верхняя пачка – обратно намагниченный агломератовый дацитовый туф мощностью до 5 м, из нижней (1 м) части которого получены SIMS U-Pb даты 1.75 ± 0.02 , 1.799 ± 0.044 , 1.804 ± 0.03 и 1.944 ± 0.046 млн лет [Presnyakov et al., 2012]. Отложения Карахачского карьера прислонены к склону трахидацитов с К-Аг датой 1.96 ± 0.08 млн лет и залегают выше базальтового андезита ручья Севджур с К-Аг датой 1.87 ± 0.10 млн лет. Опираясь на эти данные и принимая во внимание, что даты циркона в туфах отражают время его кристаллизации, которая могла произойти раньше извержения на величину до ~0.1 млн лет (среднее время активности стратовулкана), мы сопоставили нижнюю часть свиты с палеомагнитным эпизодом Олдувай, а верхнюю – с началом верхней части эпохи Матуяма, т.е. датировали свиту интервалом 1.90–1.75 млн лет. В разрезе 106 (Арденис) Верхнеахурянской впадины карахачская свита залегает на кровле базальтового потока комплекса II с К-Аг датой 2.00 ± 0.10 млн лет. Широкое разнообразие

и древний облик пыльцы хвойных и спор из нижнего пласта нормально намагниченного суглинка указывают на раннеплейстоценовый возраст отложений, а вся спорово-пыльцевая диаграмма отражает условия влажного климата с обилием хвойных лесов.

Куртанская свита занимает обширные площади в центральных и южных частях Лорийской и Верхнеахурянской впадин и составляет основную III террасу в Памбакских впадинах, расположенных в долине р. Памбак и на её юго-восточном продолжении в зоне Памбак-Севан-Сюникского разлома (рис. 6 в Приложении). В стратотипическом разрезе 10 (Куртан-I) куртанская свита залегает на перемытой кислой пемзе песчано-гравийной размерности (до 6 м), перекрывающих её продуктах переотложения пемзы (1.8 м) и линзовидном прослое пепла (до 0.3 м). Все они обратно намагничены и вложены в эрозионное понижение поверхности базальта комплекса II с K-Ar датой 2.08 ± 0.10 млн лет. SIMS U-Pb дата пемзы, 1.495 ± 0.021 млн лет, сопоставима с $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ датой 1.49 ± 0.01 млн лет, а SIMS U-Pb дата пепла – 1.432 ± 0.028 млн лет [Presnyakov et al., 2012]. Куртанская свита общей мощностью до 6.8 м состоит из трёх слоёв тонкозернистого песка, алевроита и суглинка с горизонтами карбонатизированной палеопочвы в кровле каждого слоя. Верхняя часть разреза мощностью до 3.7 м намагничена нормально, а нижележащая – обратно с небольшим интервалом нормальной полярности внизу среднего слоя. В других разрезах куртанской свиты присутствуют линзы аллювиального или пролювиального гравийно-галечного материала, а местами они преобладают (разрезы 3, 103, 257).

В нижней обратно намагниченной части разреза 12 (Куртан-III) куртанской свиты нами найдена левая плечевая кость южного слона *Archidiskodon ex gr. meridionalis* (Nesti), стратиграфический диапазон которого охватывает верхи нижнего и низы среднего плейстоцена. М.Белмейкер определила зубы, найденные ранее в карьере Куртан-I, принадлежащими носорогу *Stephanorhinus hundsheimensis* – формы, известной в диапазоне от 1.4 до 0.5 млн. лет [Presnyakov et al., 2012]. В верхней нормально намагниченной части свиты (разрез 124 Красар) нами найдены кости крупных млекопитающих и грызунов. Среди костей крупных млекопитающих В.В. Титов определил оленя *Praemegaceros cf. verticornis* (Dawkins), крупного бизона *Bovidae gen. (cf. Bison)* и крупного слона, скорее всего, мамонтоидного. Среди мелких млекопитающих А.С. Тесаков определил *Ochotona sp.*, кустарниковых и серых полевок *Terricola sp.* и *Microtus sp.* и слепушонку *Ellobius (Bramus) ex gr. lutescens*. Сопоставление палеонтологических данных приводит к выводу, что возраст слоёв разреза Красар – начало среднего плейстоцена [Trifonov et al., 2016; Tesakov, 2016]. В верхней части разреза 254 (Сараарт) куртанской свиты долины р. Памбак залегает пласт игнимбрита с двумя K-Ar датами 0.65–0.7 млн. лет. Учитывая данные остаточной намагниченности, радиоизотопные даты и палеонтологические находки, мы оценили возраст куртанской свиты как верхи раннего и низы среднего плейстоцена. Если небольшой нормально намагниченный интервал в обратно намагниченной части свиты, зафиксированный в разрезах 3, 10 и 112, соответствует эпизоду Харамильо, низы свиты древнее, и она охватывает интервал ~1.2–0.65 млн лет.

Новейшие впадины СЗ Армении нарушены четвертичными разломами и флексурно-разломными зонами. Крупнейшей является Памбак-Севан-Сюникская зона (PSSFZ) активных правых сдвигов северо-западного простирания [Karakhanian et al., 2004]. Впадины Ванадзор, Фиолетово и Малого Севана, расположенные в долине р. Памбак и на её юго-восточном продолжении, ограничены и осложнены взбросо-сдвигами и сбросо-сдвигами этой зоны, причём впадина Малого Севана является частью Гегам-Варденисской миндалевидной структуры, в формировании которой помимо PSSFZ участвовали и другие крупные разломы [Трифонов, Караханян, 2008]. Скорость четвертичных сдвиговых перемещений по PSSFZ оценена в 3–4 мм/год [Трифонов и др., 1990] или 2.8 мм/год [Philip et al., 2001]. Их амплитуда намного больше вертикальной компоненты. Об этом можно судить по тому, что суммарная амплитуда сдвига долин, заложенных в среднем плейстоцене, превосходит 1.8 км на востоке Ванадзорской впадины [Avagyan, 2009], а мощность четвертичного осадочного заполнения впадины составляет, по данным бурения,

145 м [Милановский, 1968]. Северо-западным сегментом PSSFZ является Вардахбюрский разлом на южном борту Верхнеахурянской впадины. Он выражен 30-метровым уступом с поднятым юго-западным крылом и сопровождается флексурным изгибом лав гелазия под углом $>20^\circ$. По одной из ветвей разлома смещены слои куртанской свиты.

Северо-западнее PSSFZ, в грузинской части Джавахетского нагорья, выделен крупный Джавахетский разлом того же простираения [Pasquare et al., 2011]. На поверхности четвертичных лав разлом выражен протяжённым прямолинейным уступом с поднятым юго-западным крылом. Вертикальная компонента смещений составляет 150–200 м, тогда как правосдвиговая компонента достигает 700–900 м в центральной части разлома [Karakhianian et al., 2012]. Юго-восточнее оз. Сагамо разлом отклоняется на юг, где ограничивает депрессию оз. Мада и, вероятно, долину р. Даличай, достигая края Верхнеахурянской впадины севернее северо-западного окончания Вардахбюрского разлома. Эта меридиональная полоса впадин связывает PSSFZ и Джавахетский разлом. От последнего на юг ответвляются меридиональные вулканические цепи (зоны растяжения), а на север от северо-западного окончания разлома протягивается меридиональная цепь крупных вулканов Самсарского хребта. Такое сочетание меридиональных зон растяжения с правыми сдвигами северо-западного простираения характерно и для других частей Армянского нагорья и является важным элементом позднекайнозойского структурного рисунка, возникшего при коллизионном взаимодействии Аравии и Кавказского участка Евразийской плиты в условиях меридионального сжатия [Trifonov et al., 1994].

Вдоль бортов Лорийской, Верхнеахурянской и Ширакской впадин протягиваются флексурно-разломные зоны, не связанные с описанной системой разломов [Трифонов и др., 2017]. Вне этих зон четвертичные толщи впадин залегают полого. Две кулисно расположенные зоны протягиваются вдоль южного борта Лорийской впадины (см. рис. 2 в Приложении). Наклон на север базальтов и андезитов гелазия превышает 20° у северной зоны и достигает $50\text{--}70^\circ$ у южной. Наклоны слоёв в $20\text{--}30^\circ$ характерны для флексур на южном склоне Карахачского перевала и на северных бортах Верхнеахурянской впадины и Амассийской котловины между Верхнеахурянской и Ширакской впадинами. Капская флексурно-разломная зона на севере Ширакской впадины проявляется в резком опускании на ≥ 60 м Мармашенской поверхности анийской свиты относительно Капской террасы, возрастании мощности анийской свиты и повышенном градиенте продольного уклона русла р. Ахурян (рис. 7 в Приложении). Если грубый аллювий, подстилающий анийскую свиту в скв. № 6, относится к карахачской свите, амплитуда её вертикального смещения по Капской зоне между сёлами Джрадор и Мармашен достигает 260 м. Таким образом, развитие зоны происходило, как минимум, с начала накопления анийской свиты.

Строение меридиональной флексурно-разломной зоны Транскавказского поперечного поднятия видно на пересекающих зону профилях (рис. 8 в Приложении). В Лорийской впадине высота кровли комплекса II основных лав гелазия увеличивается от 1400 м на востоке до 1600–1650 м на западе. На западе впадины, возле Джавахетского хребта, эти лавы перекрыты комплексом III, поверхность которого поднимается в том же направлении от 1600 м до 1750–1800 м. Далее к западу она резко поднята по двум ветвям флексурно-разломной зоны и достигает на Карахачском перевале 2250 м. Западнее основные лавы обнажены на крыльях флексурно-разломных зон северного и южного бортов Верхнеахурянской впадины, поднятых на десятки метров над поверхностью её днища (~ 2000 м), где лавы покрыты маломощными рыхлыми наносами. Таким образом, имеет место 500-метровый флексурно-разломный подъём Джавахетского хребта и Карахачского перевала относительно Лорийской впадины. Поверхность Верхнеахурянской впадины выше западной части Лорийской впадины на 250–350 м, а седловина Карахачского перевала поднята над Верхнеахурянской впадиной ещё на 250 м. Аналогичные деформации обнаружены на профиле вдоль северного борта Ширакской впадины от долины р. Ахурян на восток и далее через Джаджурский перевал к долине Памбака. На северо-западе впадины (т. 306) поверхность карахачской свиты, перекрывающей лавы

гелазия, находится на высоте ~1750 м, а на левобережье Ахурына (т. 226 и 227) – 1760–1770 м. Восточнее, на северном борту впадины, она сохраняет примерно такую же высоту, а затем резко повышается к Джаджурскому перевалу, где достигает высоты 1955 м, и далее резко понижается в Верхнепамбакской впадине. Там высота поверхности аллювия не превышает 1730 м и снижается вдоль долины к востоку. Между Джаджурским и Карахачским перевалами та же зона нарушений выражена резким понижением с запада на восток вершинной поверхности Базумского хребта. Северное продолжение зоны представлено поднятием Джавахетского хребта, вдоль оси которого вытянута цепь раннеплейстоценовых вулканов. На южном продолжении зоны расположены вулкан Мец-Шараилер и вулканический центр Арагаца. На основе анализа рельефа и распределения вулканизма предполагается также существование прерывистой меридиональной зоны деформаций с центрами плиоценовых извержений западнее развалин Ани и в хребте Егнахаг на границе Ширакской и Верхнеахурынской впадин с Карс-Дигорским нагорьем.

Итак, среди новейших впадин СЗ Армении выделяются две группы. Впадины Ванадзор, Фиолетово и Малого Севана являются образованиями Памбак-Севан-Сюникской зоны разломов. С ней же отчасти связана вся Гегам-Варденисская миндалевидная структура. Той же зоной и кулисно подставляющим её Джавахетским разломом обусловлено юго-западное ограничение Верхнеахурынской впадины и образование депрессии оз. Мада и р. Даличай. Все эти впадины возникли в результате коллизионного взаимодействия плит и блоков литосферы. В отличие от упомянутых структурных образований, в общей конфигурации и четвертичной структуре Верхнеахурынской, Лорийской и Ширакской впадин отсутствуют признаки решающего влияния крупных позднекайнозойских разломов, возникших на поздней стадии коллизии в Аравийско-Кавказском регионе.

Вместе с тем, длительное развитие впадин второй группы сопровождалось вулканизмом на их обрамлениях. На юге Ширакской впадины в конце миоцена происходили извержения пород вохчабердской свиты. В плиоцене извержения продолжались на юге Ширакской впадины и охватывали сопредельную с Ширакской и Верхнеахурынской впадинами часть Карс-Дигорского нагорья. В гелазии изливались основные лавы с южной части Джавахетского нагорья. Позднее извергались базальтовые андезиты Мец-Шараилера на востоке Ширакской впадины. В конце гелазия происходили извержения среднего и кислого состава в Джавахетском нагорье, где возникла цепь вулканов Джавахетского хребта. На его западном склоне извержения андезитов возобновились ~1.7 млн лет назад, а на северо-западе нагорья вулканизм продолжался в среднем плейстоцене. В калабрии и среднем плейстоцене вулканическая активность охватила южное обрамление Ширакской впадины. 1.35 млн лет назад здесь начали функционировать вулканы Артени и Араилер, а в интервале 1–0.4 млн лет назад извергался главный вулканический центр Арагаца [Чернышёв и др., 2002; Лебедев и др., 2011].

Таким образом, выявляется одновременность вулканизма и активного опускания впадин второй группы, развития флексурно-разломных зон на их бортах и обособления Транскавказского поперечного поднятия. Е.Е. Милановский [1968] предположил его генетическую связь с глубинными магматическими процессами. Приведенные данные это подтверждают. Синхронность опускания впадин и вулканизма на их обрамлениях может указывать на генетическую связь впадин с мантийными перемещениями и преобразованиями, отразившимися в вулканизме [Трифонов и др., 2017]. Опускание впадин второй группы прекратилось с окончанием вулканической деятельности. Они были вовлечены в общее поднятие Малого Кавказа. За последние 0.5–0.6 млн лет Лорийская и Верхнеахурынская впадины поднялись на 350–500 м, а соседние хребты – на 600–800 м, что даёт средние скорости поднятия от 0.7 до 1.5 мм/год [Trifonov et al., 2016]. Позднекайнозойский магматизм, как и последующее быстрое тектоническое поднятие региона могут быть обусловлены воздействием на литосферу верхнемантийных течений и

преобразований вещества [Трифонов, Соколов, 2015]. Таким образом, четвертичная тектоника и вулканизм региона представляются комбинацией структурных эффектов коллизионного взаимодействия плит и геодинамических процессов в верхней мантии.

Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем

Полученные результаты опираются на комплекс исследований, сочетающий разные виды полевых работ и обработки материалов и выполненный на современном мировом уровне. Полученные результаты заставляют по-новому оценить происхождение новейших впадин Аравийско-Кавказского сегмента Альпийско-Гималайского пояса, среди которых могут присутствовать не только тектонические формы, происхождение которых связано с коллизионным взаимодействием плит и блоков литосферы, но также впадины, которые возникли и развивались синхронно с вулканической деятельностью на обрамляющих структурах и, вероятно, связаны с глубинными (мантийными) перемещениями и преобразованиями горных масс, проявившимися в вулканизме. К числу таких тектономагматических структур относятся Ширакская, Верхнеахурянская и Лорийская впадины.

Методы и подходы, использованные в ходе выполнения Проекта

В ходе выполнения проекта использовался обширный комплекс методов, включающий в себя собственно геологические полевые наблюдения (детальное описание разрезов, оценку их структурных, фациальных и геоморфологических характеристик и соотношений, тектонических деформаций; отбор образцов для последующих анализов и определений) и обработку полученных материалов (определения химического и литолого-петрографического состава пород, их остаточной намагниченности, предметов каменной индустрии древнейшего палеолита, видового состава, возраста и характеристик среды обитания найденной фауны мелких грызунов, крупных млекопитающих, моллюсков и рыб, спорово-пыльцевой анализ, К-Аг датирование туфов и лав, хронологическое и пространственное сопоставление проявлений осадконакопления и вулканизма). Каждый из перечисленных методов использовался при подобных исследованиях и ранее, но редко применялся в столь полном объёме как в России, так и за рубежом. Совместное применение указанных методов, сопоставление получаемых с их помощью результатов для принятия решений повышало их надёжность и содержало элемент новизны, обеспечивая выполнение работ на уровне лучших мировых стандартов.

Участие в научных мероприятиях по тематике Проекта, которые проводились при финансовой поддержке Фонда

INQUA–SEQS Section on European Quaternary Stratigraphy Workshop 03–11 September, 2016, Yerevan. Bridging Europe and Asia: Quaternary stratigraphy and Paleolithic human occupation in Armenia and Southern Georgia. Устный и стендовый доклад. Организация и проведение полевой экскурсии перед заседаниями.

Библиографический список всех публикаций по Проекту за весь период выполнения проекта в порядке значимости: монографии, статьи в научных изданиях и т.д.

Trifonov V.G., Lyubin V.P., Belyaeva E.N., Lebedev V.A., Trikhunkov Ya.I., Tesakov A.S., Simakova A.N., Veselovsky R.V., Latyshev A.V., Presnyakov S.L., Ivanova T.P., Ozhereliev D.V., Bachmanov D.M., Lyapunov S.M. Stratigraphic and tectonic settings of Early Paleolithic of North-West Armenia // Quaternary International. 2016. Vol. 420. P. 178–198. IF=2.15

Tesakov A.S. Early Middle Pleistocene *Ellobius* (Rodentia, Cricetidae, Arvicolinae) from Armenia // Russian Journal of Theriology. 2016. Vol. 15, No. 2. P. 151–158. Scopus

Трифонов В.Г., Шалаева Е.А., Саакян Л.Х., Бачманов Д.М., Лебедев В.А., Трихунков Я.И., Симакова А.Н., Авагян А.В., Тесаков А.С., Фролов П.Д., Любин В.П., Беляева Е.В.,

Латышев А.В., Ожерельев Д.В., Колесниченко А.А. Четвертичная тектоника новейших впадин Северо-Западной Армении // Геотектоника. 2017. № 3. С. 1–37 (в печати). IF=0.8

Любин В.П., Беляева Е.В., Трифонов В.Г., Симакова А.Н., Ожерельев Д.В., Хохлова О.С., Носова А.А., Сазонова Л.В., Колесниченко А.А., Гольева А.А., Трихунков Я.И., Тесаков А.С., Бачманов Д.М., Шалаева Е.А., Фролов П.Д. Динамика природной среды и формирование древнейших раннепалеолитических культур Юго-Западной Азии // Естественнонаучные методы исследований и парадигма современной археологии. М.: Языки славянской культуры, 2015. С. 45–49.

Преимущества, полученные в результате международного сотрудничества

Бесспорное преимущество работы в рамках международного сотрудничества вытекает из того обстоятельства, что изолированные работы российских учёных в Армении возможны, но крайне непродуктивны в организационном и финансовом отношениях. В данном конкретном случае польза и продуктивность совместных работ усугублялись следующими обстоятельствами. (1) Мы работали с сотрудниками армянского института, с которым у нас существуют долгие связи, и обе стороны знают интересы, личные особенности и возможности друг друга. (2) Армянская сторона целиком взяла на себя организацию работ и обеспечение быта, в том числе, переговоры о работах в приграничной с Турцией полосе. (2) Тема совместного проекта, предложенная российской стороной, оказалась интересной для армянских коллег, и они работали с энтузиазмом; к тому же некоторые из них были знакомы прежде с районом работ, что обеспечило доступ к некоторым объектам, о существовании которых мы не знали. (3) Совместные работы позволили распределить обязанности с учётом квалификации исполнителей. Так, на долю армянской стороны выпала большая часть работ по литолого-петрографическому изучению горных пород (Л.Саакян), инженерно-геологическим особенностям региона (Д.Г. Аракелян) и значительная часть работ по оценке проявлений палеосейсмичности (А.В. Авагян). Основные геологические разрезы описывались параллельно российскими и армянскими исполнителями, что обеспечило большую объективность описаний.

Табл. 1. Новые К-Аг даты вулканических пород СЗ Армении, полученные авторами проекта; определил В.А.Лебедев

№	Год-№ образца	Местонахождение	Координаты	Порода	Материал	К, % $\pm \sigma$	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ (ng/g) $\pm \sigma$	$^{40}\text{Ar}_{\text{atm}}$, % (в обр.)	Возраст млн $\pm 2\sigma$
Доверхнемиоценовые вулканические породы									
1	2014-61	Исток р. Дебед, т. 61	N40°57.453' E44°37.911' H=907 м	Дацит	Основная масса	3.59 $\pm$ 0,04		17.1	37.0$\pm$0.9
2	2014-220	Джаджурский перевал, т. 220	N40°51.884' E44°00.016' H=1958 м	Базальт	“	1.50 $\pm$ 0.02	2.336 $\pm$ 0.013	22.9	22.5$\pm$0.6
Анипемза, ст. Ани, кислые туфы и игнимбриты (верхний плиоцен)									
3	2015-322/2	Южный борт Ширакской впадины, ст. Ани, т. 322, слой 2	N40°29.385' E43°37.609' H=1497 м	Риолитовая пемза	“	3.36 $\pm$ 0.04	0.732 $\pm$ 0.008	79.3	3.14$\pm$0.10
4	2015-320	Южный борт Ширакской впадины, Анипемза, т. 320	N40°29.385' E43°37.609' H=1438 м	Риолитовый туф	“	3.65 $\pm$ 0.04	0.76 $\pm$ 0.03	94.4	3.0$\pm$0.3 (?)
Комплекс II юга Джавахета, Лорийской, Верхнеахурянской и Ширакской впадин (гелазий)									
5	2013-144	Южный борт Лорийской впадины, т. 144	N41°02.779' E44°10.396', H=1600 м	Базальтовый андезит	“	0.97 $\pm$ 0.015	0.169 $\pm$ 0.003	54.1	2.51$\pm$0.12
6	2015-340	Север Ширакской впадины, мон-рь Мармашен, т. 340	N40°50.443' E43°45.500' H=1514 м	Базальтовый трахиандезит	“	1.06 $\pm$ 0.02	0.1662 $\pm$ 0.0014	72.6	2.25$\pm$0.10
7	2014-208	Северный борт Ширакской впадины, Капс, т. 208	N40°51.610' E43°44.954' H=1620 м	Базальтовый трахиандезит	“	1.15 $\pm$ 0.02	0.171 $\pm$ 0.010	65.5	2.1$\pm$0.2
8	2012-10/7	Лорийская впадина, Куртан-I, т. 10, слой 7	N40°58'04.36" E44°31'34.17" H=1300 м	Базальтовый трахиандезит	“	0.92 $\pm$ 0.015	0.133 $\pm$ 0.002	81.3	2.08$\pm$0.10
9	2013-162	Debed River valley, v. Ayrum, s 162, H=557 m	N41°11.609' E44°54.318'	Базальтовый трахиандезит	“	0.84 $\pm$ 0.015	0.119 $\pm$ 0.002	75.9	2.04$\pm$0.10
10	2013-106/8	Северный борт Верхнеахурянской	N41.0695° E43.7136°	Базальтовый андезит	“	0.84 $\pm$ 0.015	0.116 $\pm$ 0.002	77.3	2.00$\pm$0.10

		впадины, Арденис, т. 106	H=2019 м						
Комплекс III юга Джавахета, Лорийской, Верхнеахурянской впадин (верх гелазия)									
11	2012-3/IV	Лорийская впадина, руч. Севджур к Ю от Карахачского карьера	N41.0692° E44.1165° H=1805 м	Базальтовый трахиандезит	“	1.11±0.02	0.144±0.002	57.3	1.87±0.10
Комплекс IV Джавахетского хр., Лорийской, Верхнеахурянской впадин (верх гелазия–низ калабрия)									
12	2014-201/3	Северный борт Верхнеахурянской впадины, Агворик, т. 201, слой 3	N41°04.826′ E43°45.989′ H=2090 м	Дацит, купол	“	2.26±0.03	0.308±0.006	40.6	1.97±0.10
13	M-35/12	Восток Джавахетского хр. к 3 от Карахачского карьера, т. 3	N41.0743° E44.1136° H=1885 м	Дацит	“	2.15±0.004	0.296±0.004	49.3	1.96±0.08
14	2013-147	Восток Джавахетского хр., руч. Мато, т. 147	N41.1081° E44.1028° H=1861 м	Дацит	“	2.00±0.03	0.254±0.004	48.6	1.90±0.08
15	2014-201/1	Северный борт Верхнеахурянской впадины, Агворик, т. 201	N41°04.826′ E43°45.989′ H=2090 м	Обсидиан, купол	Стекло	3.55±0.04	0.457±0.005	79.0	1.86±0.10
16	2013-143	Лорийская впадина, Благодарное, т. 143	N41.0853°; E44.1732° H=1650 м	Дацит, купол	Основная масса	3.16±0.04	0.397±0.003	39.5	1.81±0.05
Комплекс V Джавахетского хр. и Верхнеахурянской впадины (низ калабрия)									
17	2013-108/1	Upper Akhurian Basin; Kaputkogh volcano, s 108, H=2123 m	N41.0408° E43.6630°	Андезит, тефра	“	1.89±0.02	0.222±0.012	95.4	1.7±0.2
18	2013-121	Karakhach Pass, s 121, H=2274 m	N41°00.491′ E44°00.154′	Трахиандезит	“	1.63±0.02	0.192±0.003	83.2	1.70±0.07
Ленинканский туф (игнимбрит), Ширакская впадина и верховья Памбака (~0.68 млн лет)									
19	2015-227	Северный борт Ширакской впадины, т. 227	N40.90824° E43.77184° H=1760 м	Трахидацит, игнимбрит	Стекло	3.88±0.04	0.226±0.008	93.0	0.84±0.07 (?)
20	2015-317/1	Юг Ширакской впадины, Лусахпюр, т. 317	N40°38.637′ E43°44.507′ H=1513 м	Трахидацит, игнимбрит под надвигом	“	3.96±0.04	0.225±0.005	90.3	0.82±0.05 (?)
21	2015-	Юг Ширакской	N40°38.637′	Трахидацит,	“	3.96±0.04	0.193±0.003	87.1	0.70±0.03

	317/u	впадины, Лусахпюр, т. 317	E43°44.507' H=1513 м	игнимбрит над надвигом					
22	2014- 254/2	Р. Памбак, Сараарт, т. 254	N40°51.702' E44°13.188' H=1649 м	Трахидацит, игнимбрит, низ слоя	“	3.98±0.04	0.187±0.016	85.1	0.68±0.10
23	2014- 254/3	Р. Памбак, Сараарт, т. 254	N40°51.702' E44°13.188' H=1649 м	Трахидацит, игнимбрит, верх слоя	“	3.79±0.04	0.171±0.008	82.9	0.65±0.06

Табл. 2. Химический состав вулканических пород для К-Аг датирования, СЗ Армения

Главные окислы, %

No.	Год-обр.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Lost	Sum
Доверхнемиоценовые вулканиды													
1	2014-61	63.41	0.83	16.16	4.38	0.097	1.88	3.76	3.29	3.74	0.22	2.05	99.82
2	2014-220	44.10	1.87	18.14	9.80	0.14	5.61	11.49	1.75	3.44	0.68	2.34	99.37
Вохчабердская свита (верхний миоцен?)													
3	2016-431/1	57.64	1.10	16.88	6.11	0.04	1.73	5.56	2.22	2.45	0.32	5.94	100.01
4	2016-431/2	53.41	0.88	15.87	10.24	0.09	2.18	8.42	2.52	3.56	0.38	2.45	100.00
5	2016-431/3	57.32	0.93	16.70	7.74	0.09	2.23	6.53	2.65	3.27	0.28	2.26	100.00
6	2016-431/4	55.28	1.08	16.67	8.43	0.05	2.11	7.53	2.40	4.00	0.54	1.91	99.99
Ани, нижняя лава (плиоцен)													
7	2016-429/1	54.56	1.00	16.69	10.46	0.15	3.11	8.01	1.73	3.95	0.24	0.10	100.00
Ани, Анипемза, ст. Ани, кислые туфы и игнимбриты (верхний плиоцен)													
8	2016-428?	63.82	1.02	15.15	4.61	0.09	1.18	2.67	4.31	4.45	0.21	2.48	100.00
9	2016-429/2	69.84	0.36	13.76	2.35	0.07	0.51	1.49	4.48	3.35	0.06	3.74	100.00
10	2015-320	69.49	0.39	14.71	2.42	0.06	0.74	1.49	3.70	3.83	0.07	3.05	99.96
11	2016-419	69.32	0.37	13.93	2.41	0.07	0.70	1.60	4.20	3.59	0.05	3.76	100.00
12	2015-322/2	68.56	0.34	14.77	2.25	0.06	0.51	1.42	3.51	3.76	0.05	4.68	99.90
13	2016-418	67.80	0.51	14.36	3.20	0.08	0.77	2.18	4.00	4.00	0.09	3.02	100.01
Ани, Айкадзор, верхняя лава и вулкан на ней (верхний плиоцен – гелазий?)													
14	2016-417	57.73	0.76	15.80	10.23	0.11	2.50	6.61	1.99	3.91	0.26	0.10	100.00
15	2016-420/1	56.42	0.76	15.73	8.65	0.12	2.82	8.10	2.03	3.74	0.20	1.45	100.01
16	2016-421	58.79	0.78	16.44	7.20	0.11	2.89	6.91	2.08	4.03	0.21	0.56	100.00
Комплекс II юга Джавахета, Лорийской, Верхнеахурянской и Ширакской впадин (гелазий)													
17	2013-144	53.77	1.11	19.07	7.84	0.14	2.99	8.88	1.44	3.96	0.52	0.28	100.00
18	2015-340	52.67	1.76	17.79	9.11	0.13	2.74	8.35	1.48	4.57	0.40	0.55	99.57
19	2014-208	50.68	1.53	19.88	8.35	0.14	2.31	8.90	1.49	5.75	0.50	0.18	99.70
20	2012-10/7	51.97	1.40	17.78	9.55	0.16	3.87	9.23	1.30	4.12	0.51	0.10	99.98
21	2013-162	51.74	1.33	17.71	9.55	0.16	4.20	9.19	1.32	4.19	0.51	0.10	99.99
22	2013-106/8	51.66	1.43	16.34	9.64	0.16	5.24	9.08	0.91	3.86	0.39	1.27	99.98
Комплекс III юга Джавахета, Лорийской, Верхнеахурянской впадин (верх гелазия)													
23	2012-3/IV	54.31	1.01	17.87	8.06	0.14	3.67	8.72	1.52	4.00	0.49	0.18	99.97
Комплекс IV Джавахетского хр., Лорийской, Верхнеахурянской впадин (верх гелазия–низ калабрия)													
24	2013-147	66.02	0.51	16.07	4.33	0.07	1.19	4.41	2.48	3.85	0.18	0.86	99.97
25	2013-143	67.40	0.55	14.47	3.90	0.07	1.09	3.06	3.77	3.92	0.21	1.55	99.99
26	2014-201/3	65.40	0.69	16.82	4.26	0.071	0.71	4.21	2.59	4.88	0.16	<0.1	99.80
27	2014-201/1	73.23	0.36	14.07	1.78	0.064	0.21	1.19	3.78	4.94	0.06	0.1	99.78
Комплекс V Джавахетского хр. и Верхнеахурянской впадины (низ калабрия)													
28	2013-108/1	59.70	0.78	16.30	6.30	0.10	3.00	6.25	2.20	3.91	0.33	1.12	99.99
29	2013-121	57.55	1.13	16.96	7.48	0.13	2.60	6.94	1.95	4.11	0.37	0.77	99.99
Лавы и тефра влк. Шараилер (калабрий?)													
30	2016-432	53.75	1.38	16.90	9.35	0.15	3.27	7.45	2.39	4.75	0.52	0.10	100.00
31	2016-436	53.61	1.05	16.92	9.00	0.14	4.36	8.25	1.94	4.12	0.49	0.12	99.99
32	2016-440	53.22	0.98	16.35	10.47	0.14	5.07	7.79	1.72	3.86	0.31	0.10	100.00
33	2016-439	51.03	1.16	14.38	8.15	0.13	4.89	7.79	2.41	1.97	0.47	7.63	100.01
Ленинаканский туф (игнимбрит), Ширакская впадина и верховья Памбака (0.68 Ма)													
34	2014-254/2	63.71	0.96	16.01	3.11	0.077	0.54	2.74	4.01	5.40	0.22	2.52	99.28
35	2014-254/3	64.90	0.93	15.91	2.88	0.073	0.51	2.22	3.91	5.53	0.20	2.44	99.50
36	2015-227	64.08	0.86	16.59	3.38	0.08	1.46	2.16	3.93	3.93	0.16	3.30	99.92
37	2015-317/и	64.91	0.83	15.81	3.38	0.08	1.18	2.27	4.05	4.53	0.17	2.62	99.98
38	2015-317/1	64.26	0.87	16.05	3.76	0.08	1.07	2.55	4.22	4.47	0.18	2.39	99.91
39	2016-435	66.89	0.86	15.23	3.71	0.08	0.78	2.13	4.68	5.07	0.18	0.4	100.01
8	2016-422?	63.82	1.02	15.15	4.61	0.09	1.18	2.67	4.31	4.45	0.21	2.48	100.00

Лавы, аналогичные ленинканскому туфу, вершина Арагаца (0.68 Ма)													
40	7А (Черн.)	65.15	0.84	15.84	4.87	0.09	1.04	2.98	3.83	5.06	0.21	0.10	100.01
41	11А(Черн.)	64.00	0.79	15.81	5.44	0.10	1.55	4.53	3.08	4.39	0.21	0.10	100.00
Лавы северных подножий Арагаца, Ором (Q ₂ ?)													
42	2016-434	59.98	0.99	14.68	5.27	0.09	1.24	3.47	3.19	4.78	0.29	6.01	99.99
Севан, Норатуз, туфы осадочных разрезов (N ₂ -Q ₂)													
43	2016-406/2	51.28	1.01	15.13	7.97	0.11	5.24	6.62	1.43	2.22	0.41	8.58	100.00
44	2016-406/3	49.18	1.50	17.64	11.36	0.17	4.34	8.57	1.50	5.09	0.55	0.10	100.00
45	2016-410/11	56.36	1.03	15.91	8.41	0.14	3.63	6.88	2.59	4.08	0.33	0.66	100.00
46	2016-410/13	56.31	1.05	16.04	8.29	0.14	3.48	6.96	2.56	4.25	0.33	0.60	100.00
Севан, Норатуз, верхние лавы (Q ₂ -Q ₃)													
47	2016-406/4	51.05	1.58	17.06	10.37	0.16	3.56	8.06	2.01	4.12	0.55	1.46	100.00
48	01-917N	59.99	1.31	16.34	7.06	0.13	1.59	3.94	3.85	5.28	0.40	0.10	99.99
49	2016-НЗ/3	55.27	1.09	16.81	8.63	0.12	3.09	6.84	2.74	4.47	0.46	0.48	100.00

Содержание серы в образцах 2016 г. (%)

3 (431/1) <0.01
 4 (431/2) <0.01
 5 (431/3) <0.01
 6 (431/4) <0.01
 7 (429/1) <0.01
 8 (428) <0.01
 9 (429/2) <0.01
 11 (419) 0.04
 13 (418) <0.01
 14 (417) 0.06
 15 (420/1) 0.74
 16 (421) <0.01
 30 (432) <0.01
 31 (436) <0.01
 32 (440) <0.01
 33 (439) 0.01
 39 (435) 0.01
 40 (7А) <0.01
 41 (11А) <0.01
 42 (434) <0.01
 43 (406/2) 0.02
 44 (406/3) 0.03
 45 (410/11) <0.01
 46 (410/13) <0.01
 47 (406/4) <0.01
 48 (01-917N) <0.01
 49 ((НЗ/1) <0.01

Редкие элементы (ppm)

No.	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ba	Pb	Th	U
Доверхнемиоценовые вулканыты																			
1	20	75	18	11	<10	30	50	15	15	110	300	35	210	17	1	460	11	8	4
2	28	170	190	41	12	67	97	17	18	43	2300	21	180	33	<1	720	9.2	4	<2
Вохчабердская свита (верхний миоцен?)																			
3	21	167	74	25	64	56	57	19	3.5	51	905	18	163	14	<2,0	670	7.0	11	<2,0
4	25	207	112	27	145	66	71	16	5.0	52	992	20	135	12	<2,0	869	7.7	12	<2,0
5	<5,0	169	77	18	41	56	63	16	3.7	61	894	15	142	12	<2,0	779	8.7	9.2	3.3
6	21	260	192	24	83	57	60	18	6.8	48	1288	15	151	13	3.5	907	10	12	3.2
Ани, нижняя лава (плиоцен)																			
7	18	139	210	27	91	66	112	16	2.1	31	484	21	150	12	<2,0	488	9.0	7.4	<2,0

Ани, Анипемза, ст. Ани, кислые туфы и игнимбриты (верхний плиоцен)																			
8	8.3	69	35	<5,0	17	20	61	16	5.7	97	303	36	433	35	5.5	912	16	16	5.0
9	<5,0	20	19	<5,0	11	13	41	15	6.5	110	162	21	265	25	3.4	782	17	24	5.7
10	<5	18	8.5	5.8	13	12	45	13	7.1	107	187	19	257	21	4.9	726	20	18	4.2
11	<5,0	19	24	<5,0	16	18	40	14	6.4	110	167	20	269	25	5.7	791	17	22	6.1
12	<5	11	7.5	<5	10	14	41	13	7.6	106	200	18	250	19	6.4	729	19	18	3.5
13	5.6	31	13	<5,0	11	16	52	16	2.2	98	218	23	256	23	4.2	786	16	18	4.8
Ани, Айкадзор, верхняя лава и вулкан на ней (верхний плиоцен – гелазий?)																			
14	17	126	134	18	55	47	74	16	<2,0	41	482	20	161	13	2.9	588	10	9.2	2.4
15	22	126	114	22	51	41	89	15	<2,0	41	460	19	165	13	2.6	542	10	8.0	3.5
16	20	107	92	21	44	35	79	17	<2,0	40	457	21	187	15	3.2	528	12	10	<2,0
Комплекс II юга Джавахета, Лорийской, Верхнеахурянской и Ширакской впадин (гелазий)																			
18	20	173	105	30	48	42	77	18	<5	21	535	31	201	14	<3	343	6.1	<2	<2
19	23	130	62	32	57	56	84	18	4	22	670	28	200	23	<1	480	11	4	<2
20	24	144	158	44	95	36	93	18	2.8	23	571	29	207	11	2.2	481	12.0	4.0	<2
21	24	152	193	43	93	45	93	16	<1.5	24	559	30	204	11	2.3	406	12.0	4.4	<2
22	25	161	188	42	136	40	97	18	<1.5	17	588	28	187	12	2.6	602	12.1	4.0	<2
Комплекс III юга Джавахета, Лорийской, Верхнеахурянской впадин (верх гелазия)																			
23	23	149	164	36	99	44	90	16	2.1	27	580	26	181	13	2.1	518	12.4	5.6	<2
Комплекс IV Джавахетского хр., Лорийской, Верхнеахурянской впадин (верх гелазия–низ калабрия)																			
24	14	94	111	17	36	34	58	16	<1.5	63	477	17	154	6.9	2.6	708	11.8	8.4	<2
25	7.9	59	120	15	33	18	51	15	5.3	71	329	20	180	13	3.9	879	17.9	16	<2
26	15	63	27	16	13	47	71	18	5	82	600	18	200	19	<1	700	15	13	4
27	9	3	10	10	<10	15	54	15	6	110	240	23	270	30	3	880	20	21	6
Комплекс V Джавахетского хр. и Верхнеахурянской впадины (низ калабрия)																			
28	15	131	280	27	74	52	82	15	<1.5	50	615	23	190	13	4.3	758	12.6	11	<2
29	24	150	106	30	42	36	89	17	<1.5	38	486	27	207	12	2.8	585	11.6	7.5	<2
Лавы и тефра влк. Шараилер (калабрий?)																			
30	17	173	114	26	73	40	88	15	<2,0	40	854	28	230	20	2.7	746	11	7.3	2.5
31	22	168	197	30	129	57	99	15	<2,0	28	924	18	151	14	<2,0	674	9.2	5.3	<2,0
32	24	152	263	31	180	66	86	15	<2,0	26	715	20	143	12	<2,0	593	8.0	4.7	<2,0
33	24	121	149	22	118	65	85	16	<2,0	32	882	19	168	17	<2,0	589	7.5	5.0	<2,0
Ленинаканский туф (игнимбрит), Ширакская впадина и верховья Памбака (0.68 Ма)																			
34	15	31	13	13	<10	13	64	18	7	110	430	39	480	45	4	880	19	19	8
35	12	34	16	15	<10	21	61	17	<3	100	410	38	430	42	4	880	24	24	11
36	7.2	47	15	5.5	17	58	61	16	<5	97	313	35	469	31	4.2	881	18	14	3.2
37	10	55	19	7.2	14	18	53	16	<5	100	303	33	456	30	5.3	819	19	14	2.7
38	8.1	56	16	7.3	14	24	61	17	5.3	91	375	31	416	28	4.3	811	18	13	2.8
39	<5,0	55	21	<5,0	10	18	62	17	4.1	104	244	37	463	36	3.9	927	14	18	5.2
Лавы, аналогичные ленинаканскому туфу, вершина Арагаца (0.68 Ма)																			
40	7.0	81	35	5.7	14	24	55	17	3.6	81	400	36	342	26	4.7	906	13	16	4.1
41	12	91	47	11	30	28	63	17	<2,0	64	459	25	256	20	4.1	754	12	9.8	<2,0
Лавы северных подножий Арагаца, Ором (Q ₂ ?)																			
42	6.5	101	34	5.8	14	25	57	16	2.9	71	402	35	351	25	<2,0	778	13	14	3.8
Севан, Норатуз, туфы осадочных разрезов (N ₂ -Q ₂)																			
43	14	141	127	26	141	78	81	16	6.1	44	801	21	208	19	4.1	646	12	12	<2,0
44	19	168	129	34	74	37	94	16	<2,0	20	871	26	178	14	<2,0	502	8.5	5.6	<2,0
45	15	146	101	21	64	57	81	16	<2,0	55	719	24	190	21	<2,0	751	9.8	9.5	2.4
46	19	144	88	21	56	49	82	15	<2,0	54	727	23	189	21	3.4	759	12	9.2	2.2
Севан, Норатуз, верхние лавы (Q ₂ -Q ₃)																			
47	22	176	59	20	41	56	99	16	<2,0	30	1051	25	199	21	<2,0	695	10	7.8	<2,0
48	14	121	31	7.5	12	24	82	17	2.4	81	595	30	315	31	<2,0	1031	17	15	3.4
49	15	149	114	15	54	47	72	16	3.1	59	990	20	218	20	2.3	863	14	13	2.2

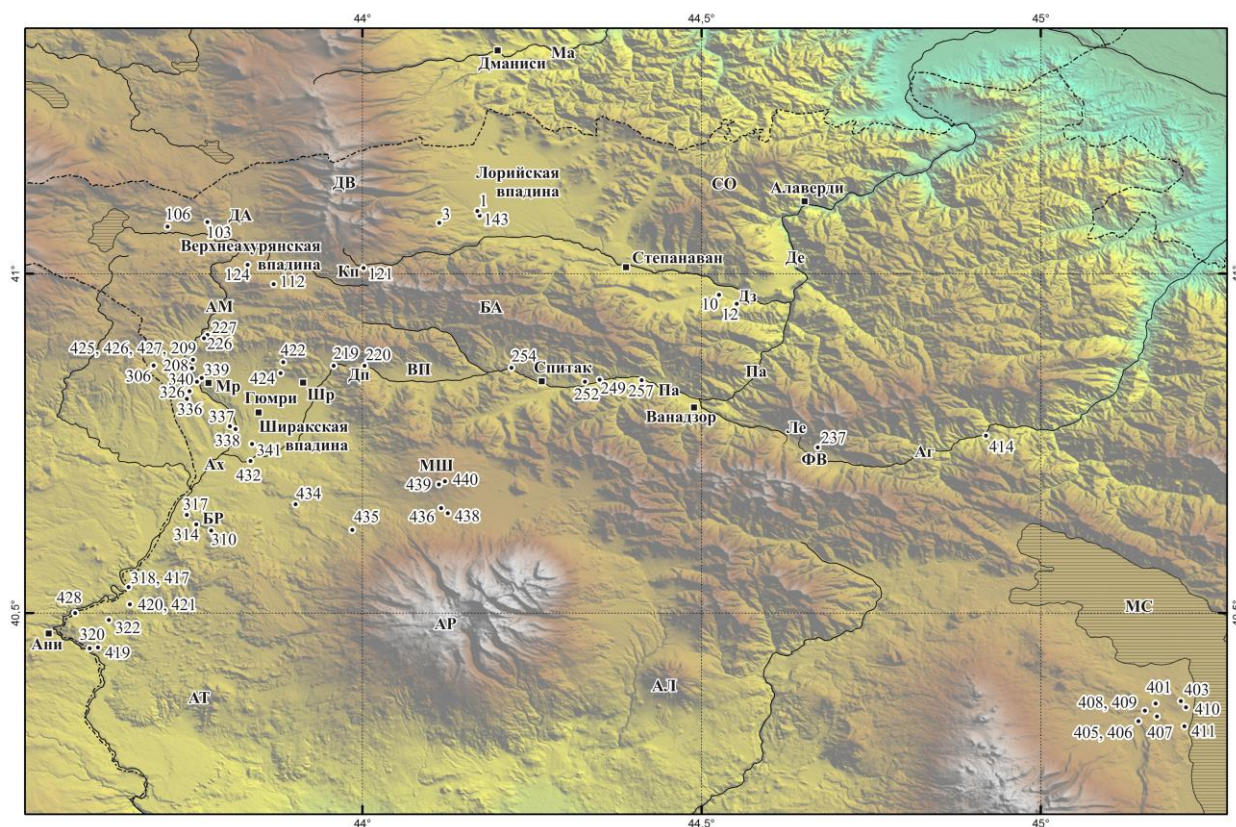


Рис. 1. Орогидрографическая схема СЗ Армении с важнейшими пунктами наблюд.

Аг – р. Агстев, АЛ – влк. Араилер, АМ – Амасийская впадина, АР – влк. Арагац, АТ – влк. Артени, Ах – р. Ахурян, БА – Базумский хребет, БР – Барцрашенское плато, ВА – Верхнеахурянская впадина, ДА – депрессия оз. Мада и р. Даличай, ДВ – Джавахетский хребет, Де – р. Дебед, Дз – р. Дзорагет, Дп – Джаджурский перевал, Кп – Карахачский перевал, Ле – Лермонтовская перемычка, Ма – р. Машавера, Мр – с. Мармашен, МШ – влк. Мец-Шарайлер, Па – р. Памбак, СО – Сомхетский хребет, ФВ – Фиолетовская впадина, Шр – с. Ширак. Цифры – пункты наблюдений, упомянутые в тексте

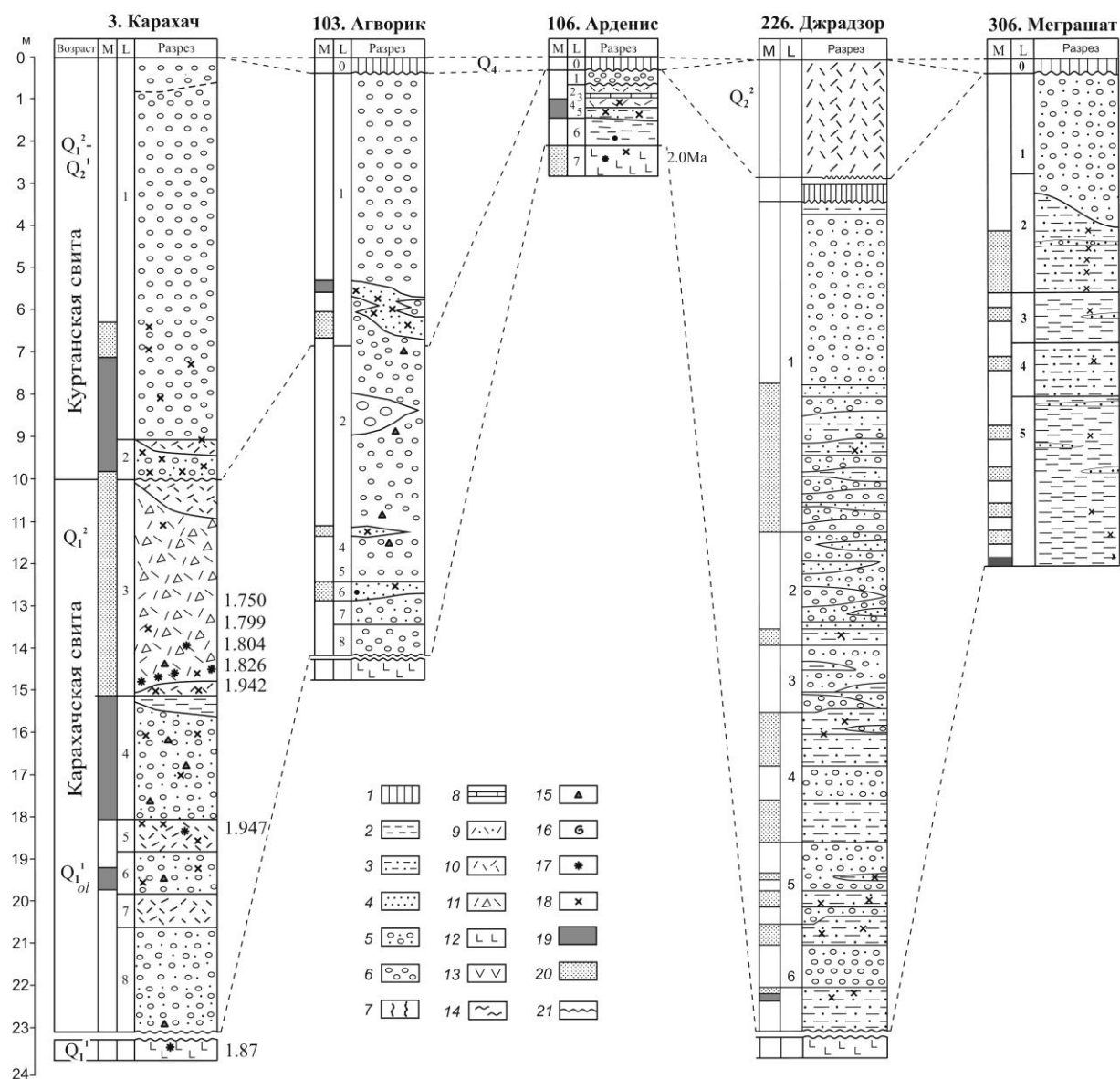


Рис. 3. Стратиграфические разрезы карахачской свиты

1 – современная почва и палеопочва; 2 – глина и суглинок; 3 – супесь, алевроит и тонкозернистый песок; 4 – песок и песчаник; 5 – гравий и гравелит; 6 – галечник и конгломерат; 7 – карбонатные стяжения в палеопочве; 8 – мергель; 9 – перебитая пемза; 10 – тонкообломочный и спекшийся туф; 11 – аггломератовый туф; 12 – базальт и андезит; 13 – эоценовые порфирит и глинисто-кремнистый сланец; 14 – диатомит; 15 – археологические находки; 16 – фаунистические находки; 17 – K-Ar и SIMS U-Pb пробы; 18 – палеомагнитные образцы; 19 – прямая намагниченность; 20 – обратная намагниченность; 21 – несогласный или эрозионный контакт. Положение разрезов см. на рис. 1, 2

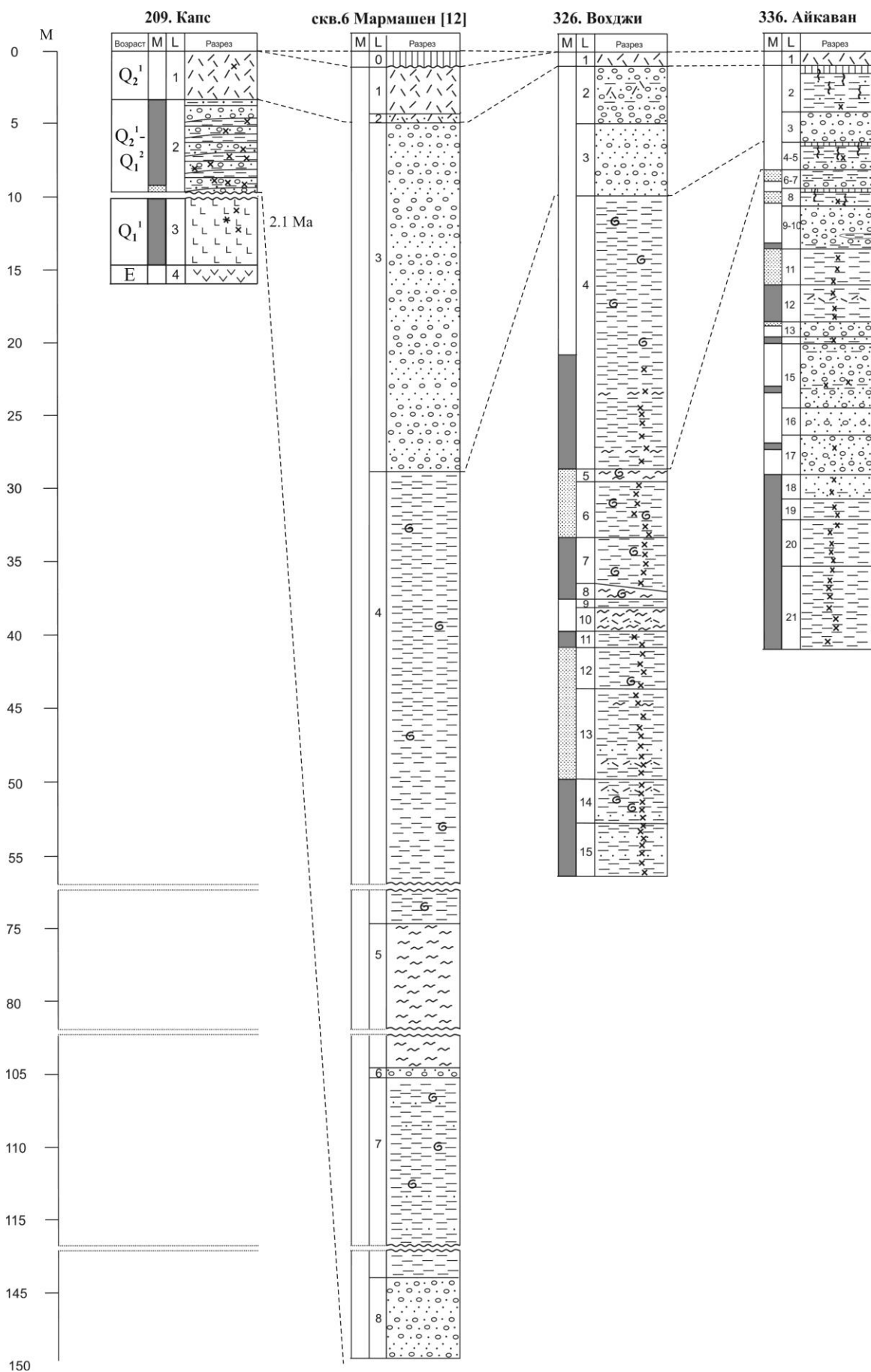


Рис. 4. Стратиграфические разрезы анийской свиты Ширакской впадины. Условные обозначения см. на рис. 3, а положение разрезов на рис. 1, 2

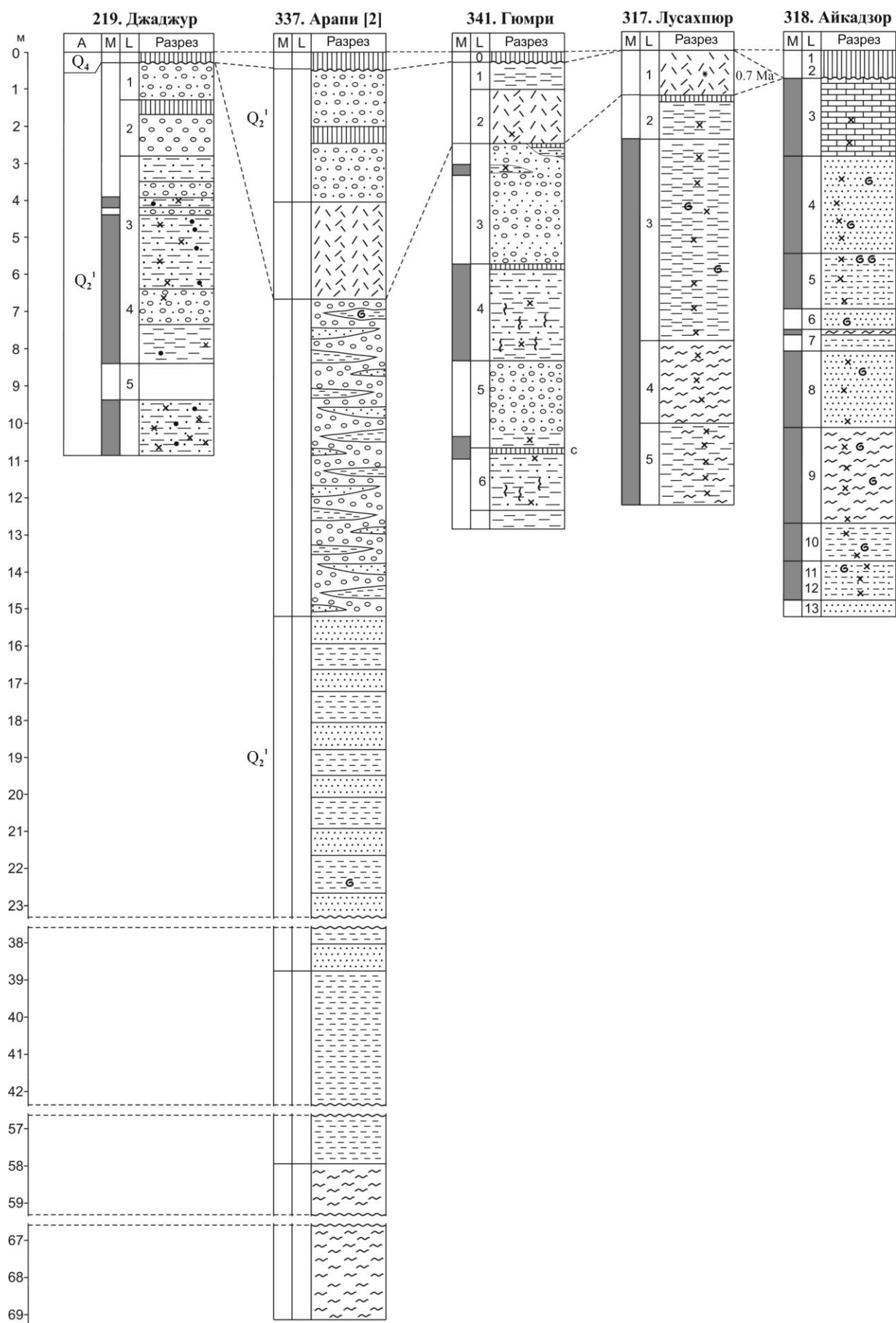


Рис. 5. Стратиграфические разрезы арапийской свиты Ширакской впадины. Условные обозначения см. на рис. 3, а положение разрезов на рис. 1, 2

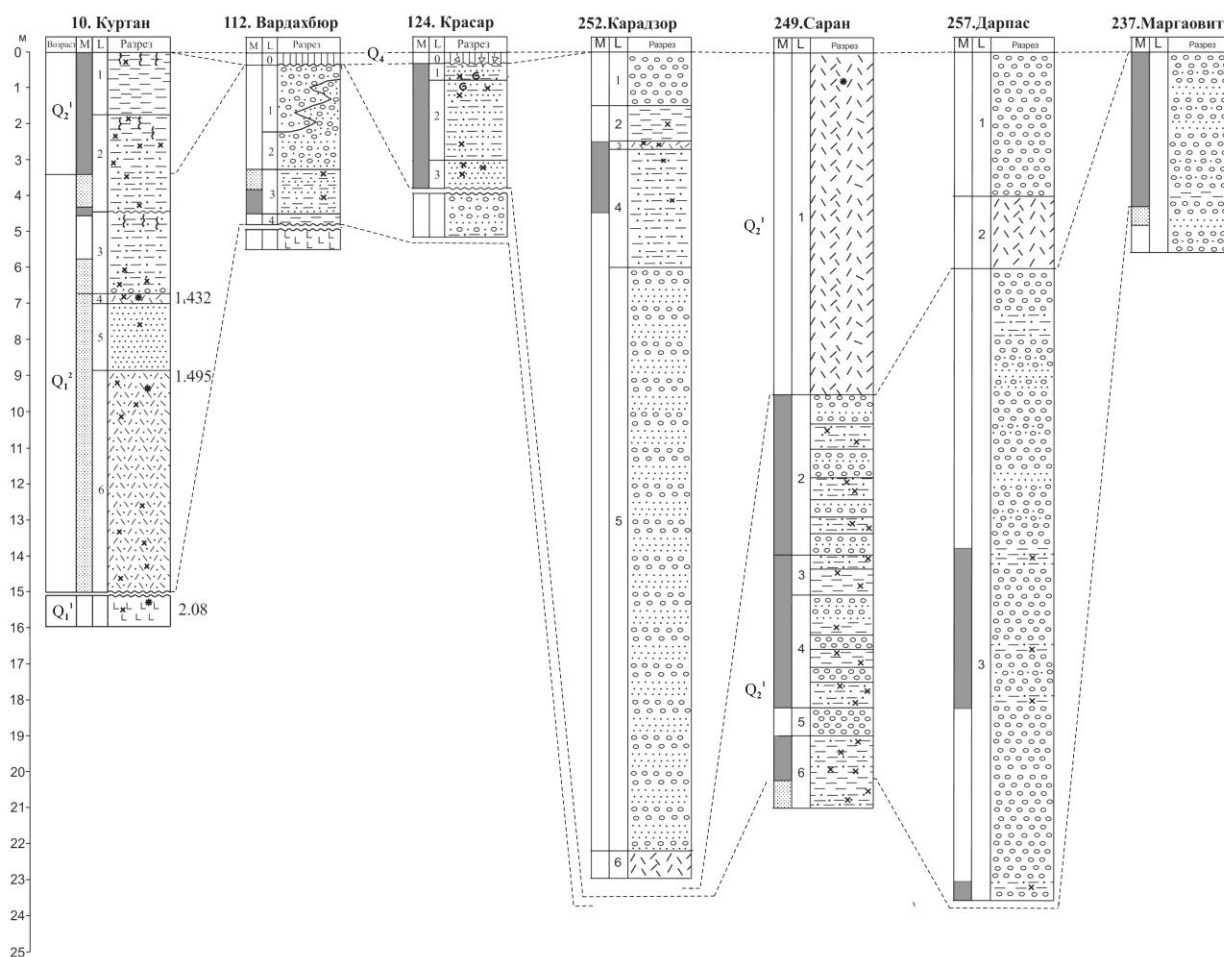


Рис. 6. Стратиграфические разрезы курманской свиты. Условные обозначения см. на рис. 3, а положение разрезов на рис. 1, 2

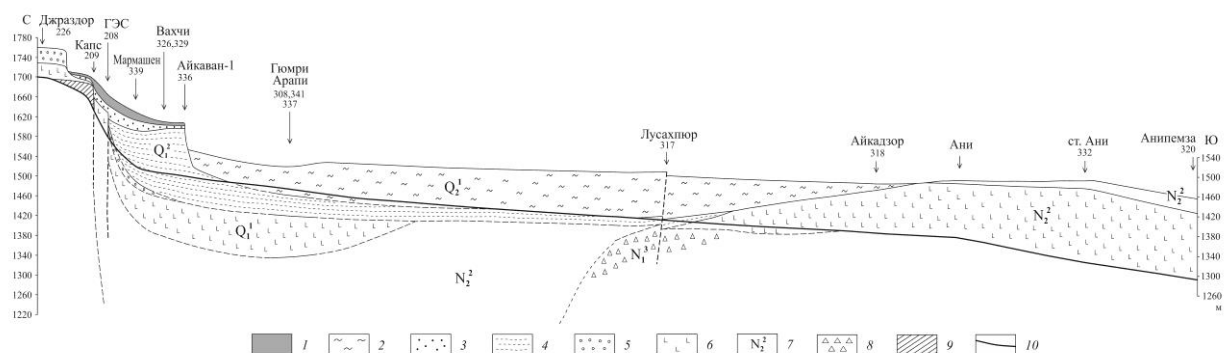


Рис. 7. Продольный геолого-геоморфологический профиль долины р. Ахурыан
 1 – «ленинаканский» туф (Q_2^1); 2 – арапийская свита (Q_2^1); 3 – анийская свита, верхняя часть (Q_1^2 – Q_2^1); 4 – анийская свита, нижняя часть (Q_1^2); 5 – карахачская свита; 6 – базальтовые трахиандезиты, гелазий (Q_1^1) на севере и плиоцен (N_2) на юге; 7 – верхний плиоцен (N_2^2): озёрный, датированный акчагылом в самой впадине [22] и туфовый на её южном обрамлении; 8 – вохчабердская свита (N_1^3); 9 – эоцен; 10 – русло р. Ахурыан

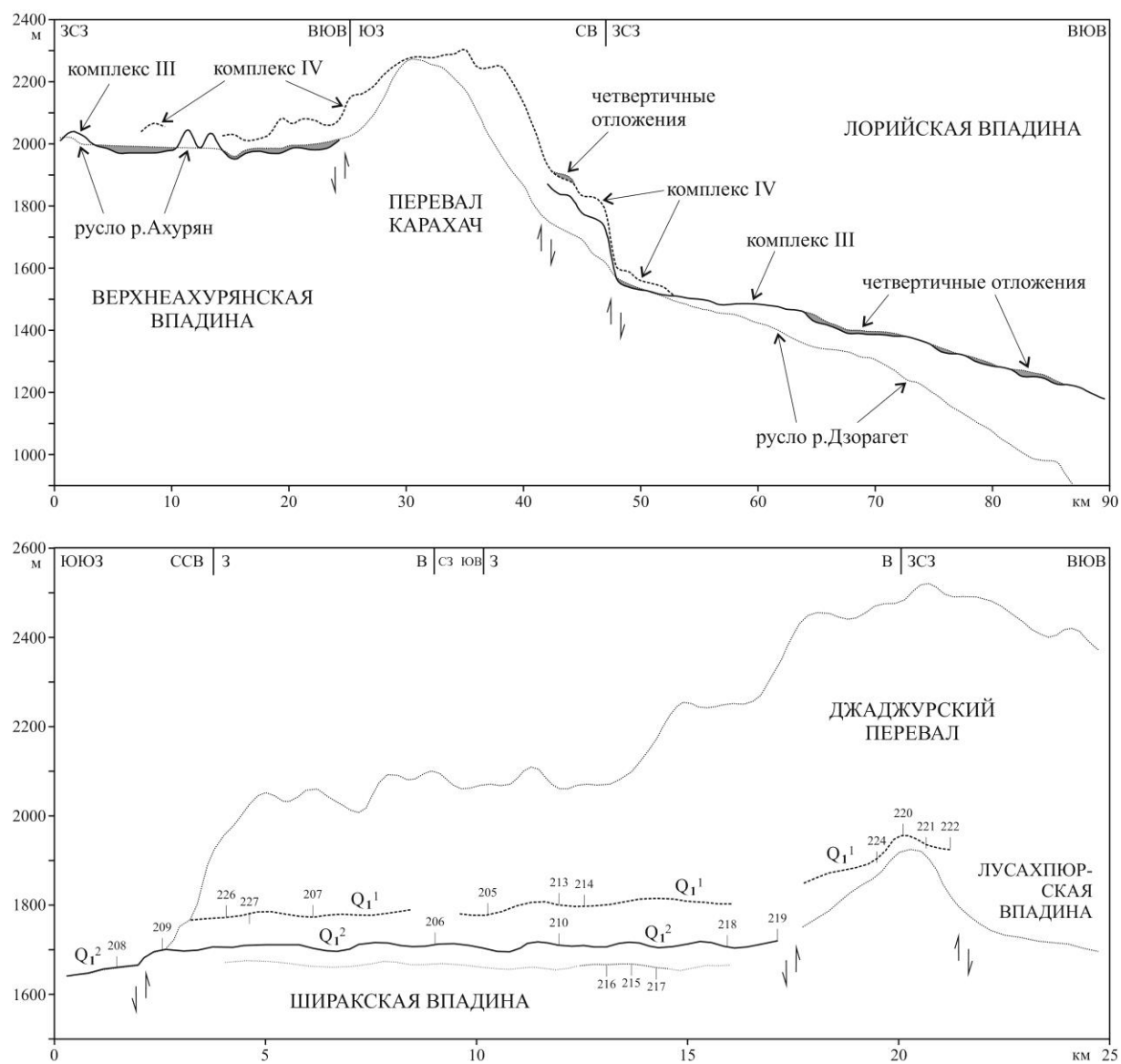


Рис. 8. Геоморфологические профили через Верхнеахурянскую впадину–Карахачский перевал–Лорийскую впадину (вверху) и север Ширакской впадины–Джаджурский перевал–Памбакские впадины (внизу)