

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.48

РАННЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫЕ ПЕДОСЕДИМЕНТЫ ЛОРИЙСКОЙ КОТЛОВИНЫ (АРМЕНИЯ): ГЕНЕЗИС, СВОЙСТВА И ИХ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

© 2021 г. А. В. Ревунова^{а, *}, О. С. Хохлова^б, А. В. Русаков^а

^аСанкт-Петербургский государственный университет,
Университетская наб., 7–9, Санкт-Петербург, 199034 Россия

^бИнститут физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
ул. Институтская, 2, Пушкино, Московская область, 142290 Россия

*e-mail: reina_abc@mail.ru

Поступила в редакцию 23.12.2020 г.

После доработки 30.04.2021 г.

Принята к публикации 11.05.2021 г.

Описаны красноцветные педоседименты из разрезов Лорийской котловины на севере Армении и реконструируются условия среды, при которых они были образованы. Раннеплейстоценовые педоседименты в разрезах Ягдан и Куртан-IV доступны для изучения благодаря их консервации под продуктами вулканической активности, которые были датированы ранее 2 и 1.4 млн лет соответственно. При захоронении педоседименты подвергались воздействию расплавленных растворов лавы, что повлияло на их состав и свойства. Для изучения педоседиментов использовали микроморфологический метод, в образцах определяли магнитную восприимчивость, гранулометрический и валовый составы, содержание углерода, азота и фосфора, изучен состав биоморфов. Обнаружены признаки образования изучаемых педоседиментов во влажном теплом (субтропическом) климате, что согласуется с результатами ранних исследований. По совокупности признаков почвенные образования из разреза Ягдан классифицированы как Cambisols с квалификаторами argic, vitric, chromic. Из перекрывшей их базальтовой лавы в отложения были привнесены дополнительные элементы: медь, хром, никель, кобальт, ванадий, что отразилось в увеличении удельной магнитной восприимчивости и позволило расчленить почвенно-осадочную толщу по геохимическим коэффициентам. Педоседименты из разреза Куртан-IV имели признаки Stagnic и Luvic. Они сформированы также в гумидном, но более прохладном климате.

Ключевые слова: палеопочва, палеоландшафтная реконструкция, красноцветы

DOI: 10.31857/S0032180X21100105

ВВЕДЕНИЕ

Красноцветные почвы обладают ярко выраженными литогенными признаками, обусловленными наличием гематита в почвообразующей породе [25], что и определяет их отличительную окраску. Они формируются в гумидных и семигумидных тропиках и субтропиках в условиях глубокого промывного водного режима [11, 16, 19]. В Лорийской котловине Армении признаки красноцветного почвообразования на продуктах выветривания базальтов обнаружены в ходе почвенно-археологических экспедиций 2011–2019 гг. Благодаря быстрому перекрытию лавовыми потоками раннеплейстоценовые педоседименты сохранились и доступны для изучения.

В последнее время проведены палеопочвенные исследования местонахождений орудий гоминоид в археологических объектах [27, 34, 38, 42,

50, 51], которые сопровождались датированием вмещающих слоев как с признаками почвообразования, так и без них на основании обнаруженных археологических артефактов и с использованием различных инструментальных методов (прямых: SIMS U–Pb, K–Ar, ⁴⁰Ar/³⁹Ar и косвенных: палеонтологических, магнитных, микроморфологических). Благодаря этим работам установлено время формирования исследуемых красноцветных почв в интервале 2.5–1.4 млн л. н. [50, 60].

Раннеплейстоценовые палеопочвы – очень важный и востребованный геоархив, расшифровка которого необходима представителям естественных наук для реконструкции условий окружающей среды раннего плейстоцена, понимания истории развития ландшафта, а также палеоэкологической обстановки проникновения и продвижения вглубь Евразии древних пра-людей. Установлено, что в раннем плейстоцене, по сравнению со средним и

поздним, температуры воздуха были выше, что способствовало продвижению гоминид на север [34]. Климат того времени определен как субтропический с саванноподобной растительностью (влаголюбивая луговая растительность вокруг водоемов, ксероморфные травы, единичные лиственные деревья на автоморфных позициях рельефа) (данные А. Симаковой по [61]), а существовавшие почвы – как Luvisols, Andosols и Stagnic Cambisols [51]. В поздние этапы плейстоцена климат сменился более умеренным, с лугово-лесной растительностью, в числе которой встречались хвойные растения (данные Симаковой по [61]). К настоящему моменту климат Лорийской котловины оценивается как континентальный, степной, малоазиатского типа [29]. В таких условиях красноцветные почвы не формируются.

Стоит пояснить, что речь идет не о “классических” красноцветных почвах (Ferralsols, Nitisols и др.), которые образуются в тропическом климате (при среднегодовых температурах $>28^{\circ}\text{C}$), а о почвах более низких широт, которые формируются в более близком к умеренному климате, и не достигают ни той степени выветрелости минеральной матрицы, ни той степени трансформации минералов железа, и, соответственно, “красноты” окраски, как упомянутые выше почвы. Также на степень проявления окраски влияет материнская порода: ярче всего краснота выражается на известняках [39].

Цель работы – морфолого-генетическая диагностика погребенных раннеплейстоценовых красноцветных педоседиментов Лорийской котловины и реконструкция палеоклиматических и палеоландшафтных условий их формирования.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Лорийская котловина, расположенная в северной части Армении, является прямым отражением в рельефе одноименного синклинория [39]. С севера и юга она ограничена Сомхетским и Базумским складчатыми хребтами, с запада – вулканическим Джавахетским хребтом. Днище и борта выполнены вулканическими слабощелочными базальтами и базальтовыми андезитами возрастом ~ 2 млн лет. Сверху залегают коллювиальные и озерные отложения. Современный рельеф и речная сеть сформировались в четвертичном периоде, после значительного подъема территории [60]. Средняя высота над уровнем моря составляет 1700 м, рельеф пологоволнистый. Климат характеризуется невысокими годовыми температурами (среднегодовые температуры 10°C). За год выпадает 600–800 мм осадков [4]. Средняя температура самого теплого месяца (июля) составляет $+15...+20^{\circ}\text{C}$, самого холодного (января) $0...+5^{\circ}\text{C}$ [2]. Растительность в основном степная, по берегам рек произрастают пойменные леса,

участки горных лесов в настоящее время вырублены. Современные почвы в основном представлены горными черноземами [2].

Изучали обнаруженные во время рекогносцировочных изысканий обнажения, в которых сделана серия расчисток, вскрывающих строение раннеплейстоценовых почвенно-осадочных толщ. Подобные образования исследованы в археологических разрезах Лорийской котловины ранее [51]. Абсолютный возраст изучаемых отложений определен по возрасту базальтов и пеплов, подстилающих и перекрывающих их.

Описали два разреза: Куртан-IV ($40^{\circ}58'02.8''$ N, $44^{\circ}31'32.9''$ E, $h = 1309$ м) и Ягдан ($41^{\circ}00'27.8''$ N, $44^{\circ}30'50.8''$ E, $h = 1277$ м), названных по ближайшим к ним населенным пунктам (рис. 1). Датировка пепла в центральной части одной из стенок карьера, в котором заложен разрез Куртан-IV, уран-свинцовым методом (SIMS U–Pb) показала возраст 1.432 ± 0.028 млн л. н. [55]. Для верхнего горизонта пемзовых песков имеются SIMS U–Pb даты 1.495 ± 0.026 и 1.496 ± 0.021 млн л. н. [55], также $39\text{Ag}/40\text{Ag}$ дата 1.49 ± 0.01 млн л. н. (S. Huneke, личное сообщение, цит. по [5]). Во время разработки карьера обнаружены находки ископаемой фауны, а именно зубы носорога, относящегося к виду *Stephanorhinus hundsheimensis*, жившему в интервале 1.4–0.5 Ма (М. Белмейкер, устное сообщение, цит. по [5]). Борта каньонов, на которых заложен разрез Ягдан, покрыты базальтами и базальтовыми андезитами возрастом 2–2.5 млн лет [60], расположенные под ними педоседименты формировались до захоронения. Источник лавы находится на расстоянии 45 км, это цепь вулканов Джавахетского хребта [61].

Для определения магнитной восприимчивости, гранулометрического и валового составов и выполнения СНН-анализов отобрали смешанные образцы из слоев двух исследованных разрезов. Для определения магнитной восприимчивости и гранулометрического состава образцы из разреза Ягдан отобрали из слоев 1–5, 7 (рис. 2, А); из разреза Куртан-IV использовали один образец из слоя 3. Образцы для микроморфологического изучения отбирали в виде монолитов из центра каждого слоя. Из разреза Ягдан взяли по одному образцу из центра слоев 1, 2, 4, 5, 7; из разреза Куртан-IV – один образец из слоя 3. Образцы для валового и СНН анализов отбирали по одному из центра слоев: Ягдан – 1–5, 7; из разреза Куртан-IV – один образец (слой 3). Отбор образцов из других слоев был затруднен из-за перенасыщенности камнями. Для анализа фитолитов использовали по одному образцу из разрезов Ягдан (слой 2) и Куртан-IV (слой 3).

Удельную магнитную восприимчивость определяли на приборе Kappabridge KLY-2 Agico (Чехия); микроморфологический анализ шлифов

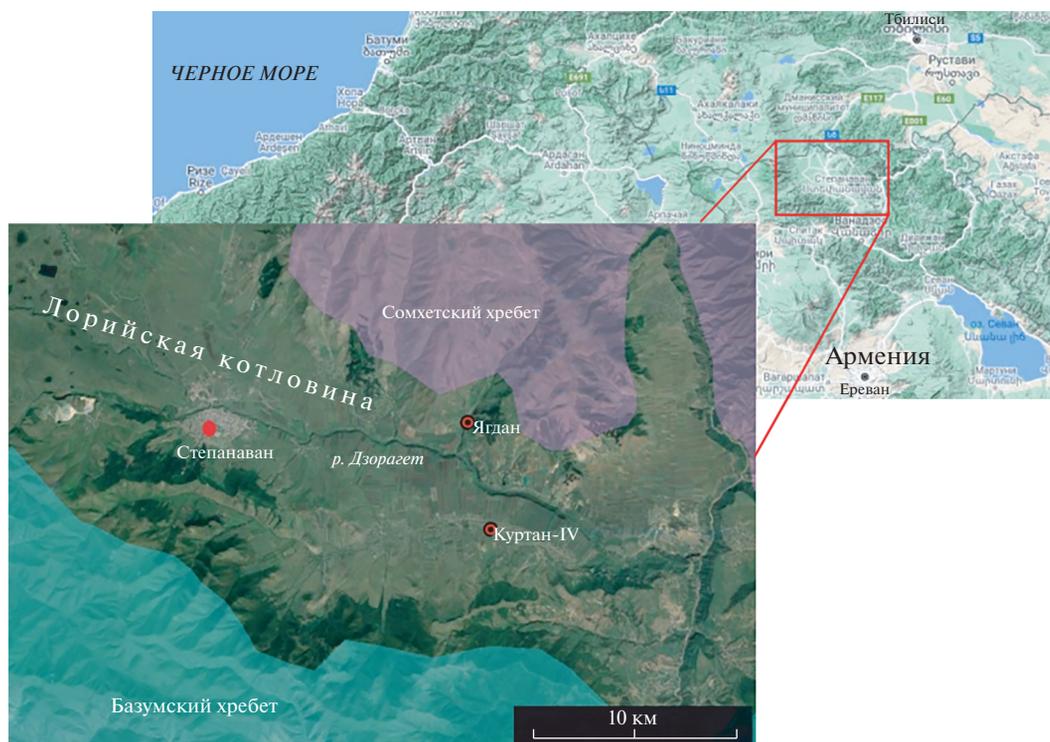


Рис. 1. Расположение изученных разрезов в Лорийской котловине, Армения.

проводили на микроскопе AxioScopeA1, Carl Zeiss Microscopy GmbH (Германия) в Центре коллективного пользования ИФХиБПП ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пущино. Валовый анализ выполняли методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа по методикам НСАМ ВИМС на вакуумном спектрометре последовательного действия Axios-MaxAdvanced, MalvernPanalytical (Нидерланды) в лаборатории анализа минерального вещества ИГЕМ РАН. Для анализа главных элементов из предварительно растертой до порошкообразного состояния навески выплавляли стеклообразные диски путем индукционного нагрева прокален-

ного материала проб с боратами лития при температуре 1200°C. Прокаленный материал проб получали после определения потерь при прокаливании при температуре 1000°C. Для выполнения анализа микроэлементов готовили препараты методом холодного прессования сухого вещества пробы с добавлением пластикового наполнителя.

Гранулометрический состав определяли методом пипетки с использованием пирофосфата натрия для диспергирования, доли фракций рассчитывали на абсолютно сухую навеску с учетом определения гигроскопической влаги [8].

Таблица 1. Гранулометрический состав изучаемых педоседелментов

Разрез и слой	Содержание фракции (мм), %						физ. глина	физ. песок
	1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001		
Ягдан								
слой 1	0.8	49.5	31.7	6.8	9.4	1.8	18.0	82.0
слой 2	1.1	41.5	32.8	8.8	4.0	12.0	24.7	75.3
слой 3	4.2	50.1	26.3	5.2	11.1	3.2	19.4	80.6
слой 4	0.1	31.5	33.5	12.3	17.8	4.8	34.9	65.1
слой 5	0.2	27.0	33.1	12.4	19.0	8.4	39.8	60.2
слой 7	0.1	30.5	23.9	9.9	22.5	13.0	45.4	54.6
Куртан-IV	0.2	27.2	34.2	11.0	20.5	6.8	38.3	61.7

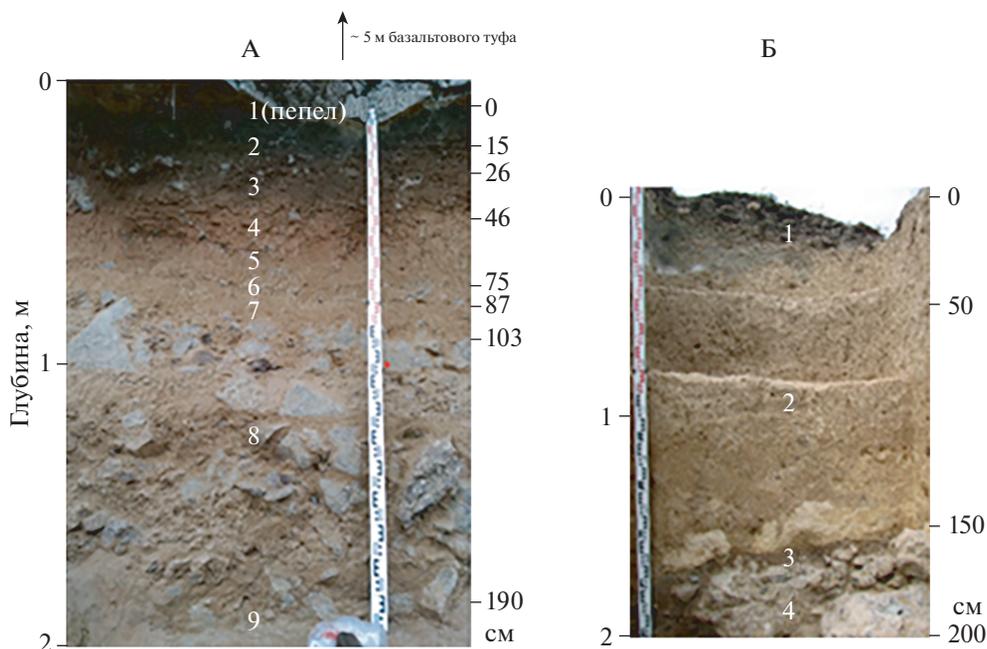


Рис. 2. Разрезы Ягдан (А), Курган-IV (Б). Цифры в центре снимков – номера слоев.

Для CHN-анализа использовали прибор Лесо CHN628 (США). Исследование проводили на кафедре почвоведения и экологии почв СПбГУ. Принцип действия анализатора основан на сжигании анализируемых образцов в печи сопротивления в токе чистого кислорода и последующем определении содержания газообразных оксидов углерода и водорода методом инфракрасной спектроскопии и определения азота методом сравнения теплопроводностей газов.

Для выделения фитоцитов проводили мацерацию отобранных образцов по стандартной методике [12]. После кипячения пробы в 10%-ном растворе HCl для удаления карбонатов и органического вещества гравиметрическим методом удаляли песчаную и илистую фракции, затем остаток разделяли с помощью тяжелой жидкости в центрифуге. Фитоциты извлекали в легкую фракцию, которую после переноса на фильтр и промывания от тяжелой жидкости, высушивали. Образцы фотографировали, все встречающиеся формы фитоцитов подсчитывали с помощью светового микроскопа. Определение фитоцитов проведено в. н. с. ИГ РАН д. г. н. А.А. Гольевой.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Морфологическое описание. Разрез Ягдан заложен в левом борту каньона ручья Мендзор (притока р. Дзорагет), на юго-западном склоне г. Бьюкташ. Под пятиметровым слоем базальта обнажается слой рыжеватого-серого грунта. В нем

визуально выделяются 8 слоев, выдержанных по протяженности обнажения (~17 м) (рис. 2, А).

Первый слой имеет мощность 1 см и представляет собой пепел. Предположительно, верхний горизонт существовавшей здесь почвы сторел из-за высокой температуры при движении по нему раскаленной базальтовой лавы. Пепел имеет светло-охристый цвет, на общем фоне заметны темные пятна. Материал сухой, бесструктурный, прочный, твердый, нелипкий, непластичный. От 10%-ного раствора HCl не вскипает. Из новообразований заметны железистые потеки.

Ниже следует пачка слоев общей мощностью ~75 см (слои 2–5), в которой сменяют друг друга 4 слоя сухого суглинка с частыми включениями гравия диаметром до 15 см. Слои выделяются по окраске: в пачке постепенно сменяются черный, бурый, рыжий и охристый цвета. На основном фоне заметны более светлые пятна. От 10%-ного раствора HCl грунт не вскипает.

Ниже лежит слой 6 (75–87 см), подстилаемый гравием. Включения камней двух видов: темные плотные со светлой корочкой выветривания и светлые зернистые. Вмещающая порода имеет цвет охры. В правой части основной слой расщелится на два слоя меньшей мощности, в нижней части этой пачки гравий крупнее. Между слоями лежит более светлый суглинок.

Ниже (слой 7, 87–103) лежит слой светло-охристого опесчаненного суглинка с редкими включениями мелкого гравия, также двух видов, светлый встречается реже.

Слой 8 (103–190 см) представлен светло-охристым опесчаненным суглинком с обильным включением глыб и булыжников 10–30 см в диаметре. В основном это светло-серые зернистые, сильновыветрелые камни. Выделяются небольшие участки суглинка без крупных камней, но с редкими включениями гравия размером 1–2 см. Переходит в слой суглинка с единичными включениями глыб 30–40 см (слой 9, ниже 190 см).

Разрез Куртан-IV заложен в северной части карьера, который находится на левом берегу р. Дзорагет, на северо-восточном склоне горы Сурб-Саркис. Под современной почвой (рис. 2, Б, слой 1) мощностью от 30 до 60 см (поверхность имеет эрозионный срез) находится слой пепла мощностью ~15 см, а под ним слой смеси песка и пепла мощностью ~2 м (слой 2), перекрывающий педоседимент (слой 3), залегающий на крупных базальтовых окатанных глыбах (слой 4). Материал слоя 3 имеет однородную светло-бурую окраску, плохо оструктурен, на 10%-ный раствор HCl реагируют только отдельные стяжения карбонатов (встречаются часто, до 1 см в диаметре).

Поскольку изучаемые педоседименты не достигают высокой степени красноты, слой 3 разреза Куртан и слои 2–5 разреза Ягдан светло-бурой окраски отнесены к красноцветам более умеренного, чем влажный тропический, климата.

Мезоморфология. Куртан-IV, слой 3. Слабосцементированный, агрегированный материал. Видны крупные зерна силикатов, между ними мелкозем, окраска рыжевато-палевая, большое содержание марганца, железа. Пористый материал, поры выстланы карбонатами в виде небольших сросшихся кристаллов. Заметны участки карбонатной пленки со скрытокристаллической структурой. В основной рыжевато-палевой массе замечены признаки текстурной дифференциации: наличие глинисто-железистых пленок, ореховатая структура, отсутствие привнесенного материала (кроме карбонатов, имеющих более позднее гидрогенное происхождение [51]).

Ягдан, слой 1. Материал пылеватый, хорошо агрегированный, имеет губчатое сложение. Заметно скопление железистых пленок и кварцевые зерна.

Слой 2. Слабоокатанная дресва, покрытая пылеватым материалом. Много железа в виде пленок, покрывающих зерна минералов.

Слой 4. Хорошо сцементированный материал, заметны отдельные крупные зерна минералов. В целом масса глинистая, более тонкодисперсная по сравнению с вышележащим слоем. По зернам минералов развито ожелезнение, заметны поры, выражена зернистая структура.

Слой 5. Выражена зернистая структура, ожелезнение, видны марганцевые пленки — не вулканического происхождения.

Слой 7. Материал хорошо агрегирован, развито ожелезнение, марганцевые пленки.

Наличие железистых, глинистых и марганцевых пленок, выраженная зернистая структура, красноватые и бурые тона окраски проявляются по всему разрезу, эти свойства могут классифицироваться как *cambic*.

Микроморфология. В образце из слоя 3 разреза Куртан-IV масса структурирована, ярко выражены новообразования железа разных форм: пятна (рис. 3, В), нодулы, детритоподобные пятна (рис. 3, А). Заметна деятельность мезофауны (рис. 3, В). Железисто-глинистый материал имеет ясную волокнистую, чешуйчатую, перекрестно-волокнистую (рис. 3, А) и вокругагрегатную (рис. 3, В) ориентировку. В отдельных микрizonaх видны карбонатные стяжения, сложенные микритом и замаскированные железисто-глинистым материалом (рис. 3, Б). Карбонаты разреза Куртан-IV, по данным [51], имеют гидрогенное происхождение, образованы во время существования здесь озера в голоцене.

В слое 1 (0–1 см) разреза Ягдан масса не имеет выраженной структуры, микроучастки, в которых зафиксированы следы сильного переувлажнения — железистые и железисто-марганцевые пятна и потеки (рис. 3, В), чередуются с микроучастками, где тонкодисперсная масса имеет выраженную оптическую ориентацию, что говорит об участии процессов перемещения в процессе преобразования слоя (рис. 3, Г). По граням зерен первичных вулканических минералов наблюдается ожелезнение (рис. 3, Д).

В слое 2 (1–15 см) разреза Ягдан сохраняется большое содержание железа и марганца (рис. 3, Е). Отмечена и высокая степень выветривания первичных минералов (рис. 3, Ж), поскольку во многих случаях не видно контура минерала, железистые или железисто-марганцевые пленки покрывают поверхность, проникают по трещинам и полностью маскируют зерна (рис. 3, З), что является следствием длительных и интенсивных процессов почвообразования в существенно более теплых, чем современные, климатических условиях.

В слое 4 (26–46 см) признаки почвообразования хорошо заметны: это оструктуривание мелкозема (рис. 3, И), выбросы мезофауны (рис. 3, К), вокругскелетная ориентировка железисто-глинистого тонкодисперсного вещества (рис. 3, Л) и при этом невысокая степень выветривания вулканических минералов, что можно объяснить их привнесением в результате новых извержений, происходивших в процессе формирования этого слоя.

В слое 5 (46–75 см) сохраняется сильное ожелезнение тонкодисперсного материала, железисто-марганцевые или даже марганцевые пятна поверх тонкодисперсного вещества или пленки в порах (рис. 3, М), но встречаются слабывветре-

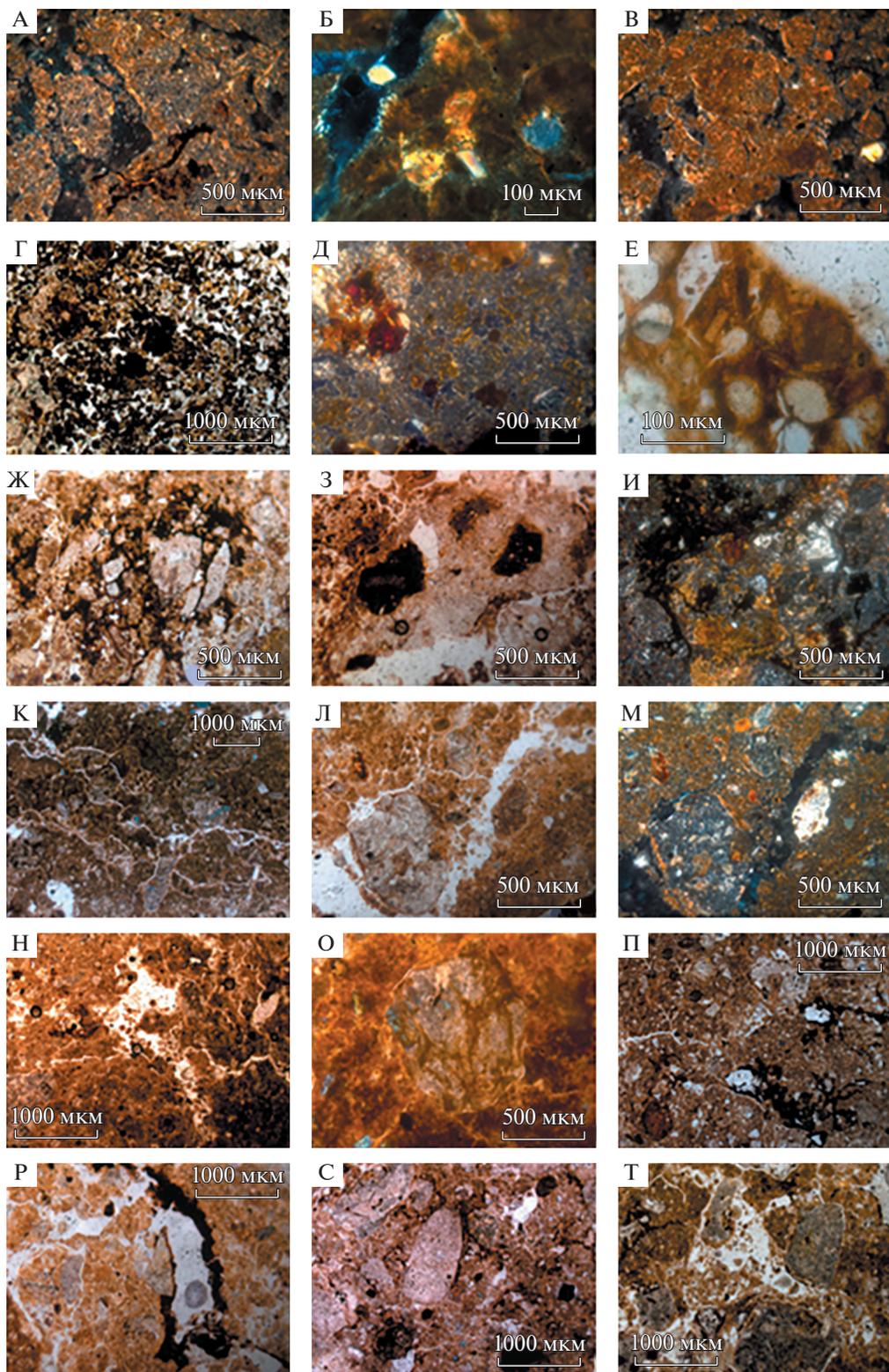


Рис. 3. Микроморфологическое строение образцов изучаемых педоседиментов: **Куртан-IV:** А – новообразования железа: нодули, детритоподобные пятна; волокнистая, чешуйчатая, перекрестно-волокнистая ориентировка железисто-глинистого материала, Б – зерна карбонатов в Fe-глинистой оболочке, В – пятна железа, следы деятельности мезофауны, вокругагрегатная ориентировка железисто-глинистого материала. **Ягдан,** слой 1: Г – общий вид, Д – чешуйчатая, волокнистая тип оптическая ориентировка тонкодисперсного материала; Е – ожелезнение тонкодисперсного материала вокруг зерен минерального скелета; слой 2: Ж – железистые и железисто-марганцевые пленки, З – выветрелые вулканические минералы, И – железисто-марганцевые пленки; слой 4: К – оструктуренный мелкозем, Л, М – железисто-глинистое вещество, вокругскелетная ориентация; слой 5: Н – биогенное измельчение, О – слабовыветрелый минерал, П – вкрапления железа и марганца; слой 6: Р – марганцевая оболочка поры, С – слабовыветрелый минерал, Т – биогенное измельчение. Снимки сделаны без анализатора (PPL), за исключением А, Б, В, Г, З, Л, которые сделаны с анализатором (XPL).

лые минералы (рис. 3, Н), что говорит о снижении температурного воздействия на почву в процессе извержений. Это проявляется и в смене окраски почвенной массы (рис. 2, А). Наблюдаются редкие следы жизнедеятельности мезофауны (рис. 3, О).

В слое 7 (87–103 см) также отчетливо проявляется ожелезнение; заметно присутствие марганца в виде обильных железисто-марганцевых пленок в порах (рис. 3, П); характерна слабая степень выветривания первичных минералов (рис. 3, Р), хорошо выражено биогенное измельчение в порах (рис. 3, Г).

Гранулометрический состав. Несмотря на то, что гранулометрический состав наследуется от исходной материнской породы, в процессе почвообразования он активно преобразовывается почвенными процессами. В нашем случае материнской породой является делювий со склона г. Сурб-Саркис (Куртан-IV), содержащий каменистые включения, и аллювиально-делювиальные наносы ручья Мендзор и его притоков (Ягдан), также с каменистыми включениями. В разрезе Куртан-IV преобладают частицы физического песка, а именно мелкого песка и крупной пыли. Однако 38% физической глины позволяют назвать этот горизонт среднесуглинистым. Это отличает его от песчаных и супесчаных вмещающих делювиальных отложений.

В разрезе Ягдан сверху вниз уменьшается количество физического песка и увеличивается количество физической глины. Нарушение этой закономерности за счет фракций крупного и среднего песка наблюдается в слое 3. Увеличение процентного содержания физической глины происходит за счет увеличения мелкой пыли, в слоях 2 и 7 также возрастает содержание ила.

СНН-анализ. Органический углерод и азот – обязательно присутствуют при почвообразовательном процессе [19], при этом общего углерода в почве, в среднем, в 10–20 раз больше, чем азота [20]. Хотя в исследуемых педоседиментах отсутствуют карбонаты, являющиеся основным источником неорганического углерода, он мог быть дополнительно привнесен в виде CO₂ в составе базальтовых лав. В работе измеряли содержание азота и общего углерода, чтобы выделить

слои с минимальным соотношением С : N, то есть слои, наиболее проработанные почвенными процессами, в которых привнесение неорганического углерода за счет вулканических процессов было минимальным.

Содержание азота в разрезе Куртан-IV составляет 0.05%, углерода – 0.18%. Содержание этих элементов в слоях разреза Ягдан отражено в табл. 2. В этом разрезе содержание азота и углерода не превышает 0.07 и 0.45% соответственно, заметно закономерное уменьшение их количества вниз по профилю, что характерно для почвенного профиля. Максимальным содержанием углерода и азота выделяются слои 2 и 3.

Геохимические коэффициенты. Для того чтобы количественно охарактеризовать произошедшие в отложениях изменения за счет почвообразования и выветривания, используются геохимические коэффициенты, рассчитываемые на основании данных валового состава. Наиболее показательными для обстановки, в которой происходило накопление и преобразование описанных отложений, являются следующие (величины коэффициентов разреза Куртан-IV представлены в тексте, Ягдан – на рис. 4):

1. Коэффициент выветривания (**КВ**) $Al_2O_3 / (CaO + Na_2O + K_2O + MgO)$ представляет собой отношение содержания оксида алюминия, являющегося основным компонентом глинистой составляющей к содержанию оксидов растворимых оснований, поступающих в почвенный раствор в результате выветривания первичных мине-

Таблица 2. Распределение азота и углерода в разрезе Ягдан

№ слоя	Содержание, %	
	N	C
1	0.03	0.1
2	0.07	0.45
3	0.06	0.32
4	0.06	0.1
5	0.05	0.05
7	0.05	0.05

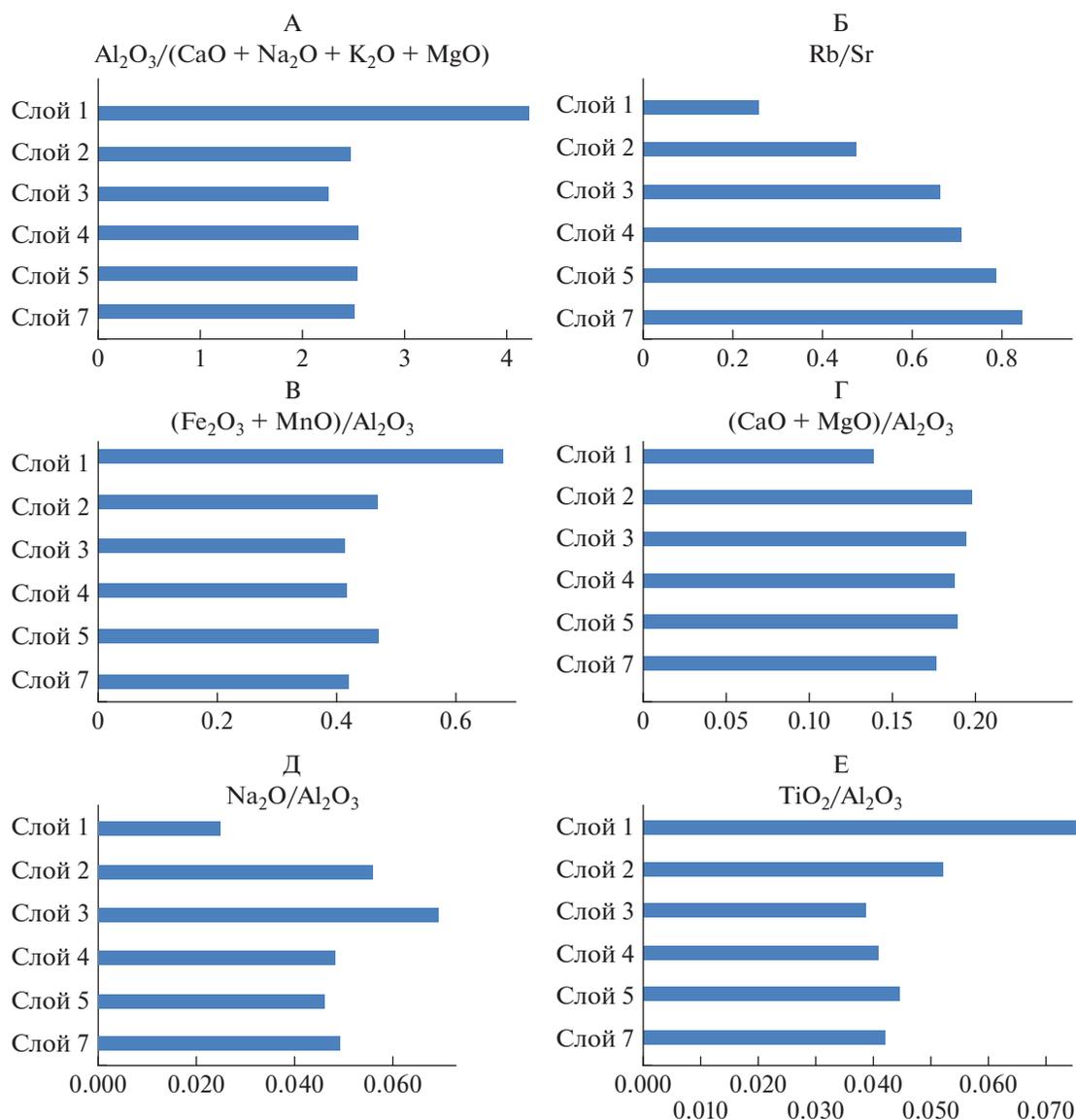


Рис. 4. Распределение коэффициентов: выветривания (А), химического выветривания (Б), окисления (В), окарбоначирования (Г), засоления (Д), выветривания Ti и Al (Е), разрез Ягдан.

ралов [56, 57]. КВ для разреза Куртан-IV равен 2.20. В разрезе Ягдан выделяется верхний горизонт, испытавший на себе воздействие текущей лавы. Его показатель – 4.22, что почти в 2 раза превышает КВ нижележащих слоев (2.26–2.55).

2. Индекс химического выветривания (Rb/Sr) основан на разнице в устойчивости различных минералов к выветриванию и рассчитывается как отношение Rb, который ассоциирует со слюдами и калиевыми полевыми шпатами, к Sr, который связан с карбонатами [48]. Для разреза Куртан-IV этот индекс равен 0.56. В разрезе Ягдан показатель резко увеличивается в трех верхних слоях от 0.26 до 0.67, затем плавно до 0.85 – в нижнем слое.

3. Коэффициент $(Fe_2O_3 + MnO) / Al_2O_3$ показывает, интенсивность окисления Fe и Mn в почве [36], что характеризует степень окисления почвенного материала в целом [56, 57]. Для разреза Куртан-IV коэффициент равен 0.44. В разрезе Ягдан картина аналогична распределению КВ.

4. Индекс окарбоначирования $(CaO + MgO) / Al_2O_3$. Отражает накопление почвенного кальцита и доломита [56, 57]. Для разреза Куртан-IV коэффициент равен 0.31. В разрезе Ягдан показатели очень низкие, особенно в верхнем слое, и изменяются от 0.14 до 0.20.

5. Индекс засоления (натриевый модуль) Na_2O / Al_2O_3 . Характеризует поведение легкорасстворимых солей в профиле почвы [56, 57]. Na_2O

Таблица 3. Распределение микроэлементов в изученных разрезах, ppm

Разрез и слой	Cu	Zn	Co	Pb	Sr	Cr	V	Ni
Ягдан								
слой 1	203	203	45	98	214	82	147	143
слой 2	199	232	18	113	244	87	118	67
слой 3	68	245	22	156	243	55	122	37
слой 4	46	271	17	122	220	70	135	39
слой 5	42	324	16	223	193	78	136	43
слой 7	30	344	15	207	181	59	123	38
Куртан-IV	48	85	20	45	199	109	95	63

присутствует в почве в составе первичных минералов, преимущественно в натрийсодержащих полевых шпатах; содержание Na₂O в отдельных составляющих крупной фракции может достигать 5–6%, тогда как в илистой фракции не превышает 0.5–1% [19]. Для разреза Куртан-IV коэффициент равен 0.040. В разрезе Ягдан максимум зафиксирован в третьем слое (0.069), резко уменьшаясь к верхнему горизонту (0.025). Нижние три слоя имеют небольшую разницу в показателях (0.046–0.049).

6. Показатель выветривания (титановый модуль) TiO₂/Al₂O₃. Позволяет оценить степень однородности материала [7]. Алюминий и титан являются малоподвижными элементами из-за низкой растворимости их оксидов и гидроксидов в низкотемпературных водных растворах [46]. Следовательно, значения отношения Al/Ti в остаточных почвах могут рассматриваться близкими к таковым в материнских магматических породах. В магматических породах Al привязан к глинистым минералам (каолиниту, иллиту, смектиту), слюдам и полевым шпатам. Ti оказывается в составе мафических минералов (оливина, пироксена, горнблендита, биотита, хлорита, ильменита). Во время флювиальной транспортировки этих минералов Al и Ti перераспределяются незначительно, поэтому их отношение близко к таковому в породах источника сноса [32]. Поэтому отношение TiO₂/Al₂O₃ увеличивается с уменьшением содержания SiO₂. Для разреза Куртан-IV коэффициент равен 0.060. В разрезе Ягдан с верхнего слоя до третьего показатель уменьшается почти в 2 раза (с 0.076 до 0.039), ниже плавно увеличивается до 0.044.

Таким образом, подтверждено длительное развитие изучаемых отложений. Выявлено, что после формирования изучаемые педоседименты были сильно изменены как физически, так и химически за счет привнесения нового материала разного состава и свойств. Особенно сильные изменения претерпел верхний горизонт разреза Ягдан – его показатели в большинстве случаев резко

отличаются от залегающих ниже слоев. Выраженные изменения прослеживаются до слоя 3 включительно (до 26 см).

На основании данных валового состава рассмотрено распределение микроэлементов в изучаемых разрезах.

Содержание меди имеет большой разброс в показателях – в верхних двух горизонтах разреза Ягдан ее количество равно 203 и 199 ppm, ниже убывает с 68 до 30. В разрезе Куртан количество меди составляет 48 ppm.

Содержание цинка в разрезе Ягдан плавно увеличивается от верхнего слоя (203 ppm) до нижнего (344 ppm). В разрезе Куртан количество цинка невелико – 85 ppm.

Содержание кобальта в разрезе Ягдан закономерно уменьшается от 45 до 15 ppm. Из закономерности выбивается только слой 2 – содержание кобальта в нем меньше, чем в нижележащем слое – 18 и 22 ppm соответственно. В разрезе Куртан количество кобальта равно 20 ppm.

Содержание свинца распределено в разрезе Ягдан неравномерно, однако заметен тренд на увеличение книзу (от 98 до 207 ppm). В разрезе Куртан его содержание гораздо меньше и равно 45 ppm.

Содержание стронция в разрезе Ягдан уменьшается книзу, начиная со второго горизонта с 244 до 181 ppm. В верхнем слое его количество равно 214 ppm. В разрезе Куртан количество стронция ниже и равно 199 ppm.

Содержание хрома в разрезе Ягдан распределено неравномерно: меньше всего его в слое 3 (55 ppm), максимальное количество наблюдаются в слое 2 (87 ppm). Второй пик отмечен в слое 5 (78 ppm). В разрезе Куртан количество хрома сравнительно высоко и достигает 109 ppm.

Содержание ванадия также распределено неравномерно. Отмечается его увеличение к слою 5 (136 ppm), но максимум приходится на слой 1 (147 ppm). В разрезе Куртан его показатели несколько меньше – 95 ppm.

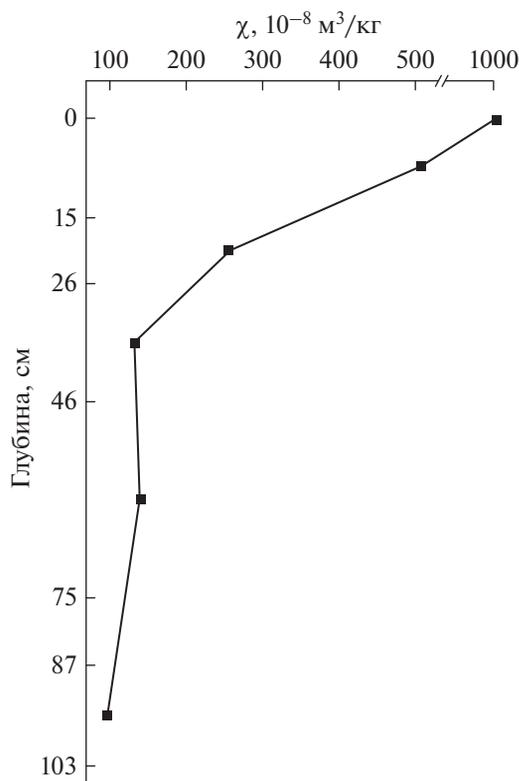


Рис. 5. Изменчивость показателя магнитной восприимчивости в разрезе Ягдан.

Никель в разрезе Ягдан сконцентрирован в верхнем горизонте (143 ppm), к третьему горизонту убывает до 37 ppm. В разрезе Куртан его количество составляет 48 ppm.

Магнитная восприимчивость (МВ) — общая концентрация ферромагнетиков или общая концентрация парамагнитных минералов и антиферромагнетиков при малых количествах ферромагнетиков [3]. Измерения МВ часто используются при изучении почвенно-вулканических серий в тех случаях, когда продукты извержений прекращают развитие почв, чтобы отличить чистый вулканический материал от затронутого почвообразованием [53, 59]. В почве определяющим элементом для увеличения показателей МВ является железо и его соединения из-за гораздо большей по сравнению с другими металлами распространенности. В свою очередь самыми распространенными соединениями железа в почве являются гематит, магнетит и маггемит, которые могут наследоваться из материнской породы, так и синтезироваться в процессе почвообразования.

Сильными магнитофорами являются ионы марганца, никеля, кобальта [3]. В нашем случае значительный привнос магнитных минералов обеспечивается перекрытием изучаемых педоседеловых рыхлыми или плотными продуктами активности вулканов, окружающих Лорийскую котловину.

Удельная МВ изученных образцов сильно меняется от разреза к разрезу и вниз по профилю. Показатель МВ в разрезе Куртан-IV — 63×10^{-8} м³/кг. МВ в различных слоях разреза Ягдан отражена на рис. 5. Наибольшее значение наблюдается в слое 1, то есть в пепле, оставшемся от почвы, контактировавшей с текущей базальтовой лавой. МВ в 2 раза превышает показатель в нижележащем слое 2 и в 5–10 раз — в слоях, не затронутых преобразованиями в большой степени. Ниже в слоях разреза Ягдан МВ постепенно уменьшается, что также напоминает распределение МВ в автоморфном почвенном профиле.

Фитолиты. Опаловые фитолиты — мельчайшие частицы гидратированной двуокиси кремния, растворенной в подземных водах, которая впитывается корнями растения, разносится по его сосудистой системе, отвердевает и накапливается в клетках растений [54]. При отмирании растений фитолиты попадают в почву с опадом и диагностируются в составе почвенного мелкозема во фракциях менее 0.1 мм как кремнеземистые тела, обладающие сравнительно правильными формами. Эти частицы позволяют идентифицировать растение спустя длительное время [12].

Фитолиты были обнаружены в слое 2 разреза Ягдан и в разрезе Куртан-IV. Образцы из разреза Ягдан несут набор фитолитов, характерный для современной растительности злаковых лугоstepей [29], и, по-видимому, отражают современный заносной тип растительности в этом слое, а не времени накопления и функционирования этого слоя. В образце из разреза Куртан-IV присутствуют также фитолиты из полыни, хвойных и озерных растений (табл. 4), которые в настоящее время не встречаются на изучаемой территории и не могут сосуществовать. Такой набор четко указывает на то, что изучаемый образец — педоседимент, подвергшийся значительной диагенетической переработке после окончания функционирования и погребения. Цифрами обозначены следующие группы растений: 1 — двудольные травы; 2 — хвойные; 3 — лесные злаки; 4 — луговые злаки; 5 — степные злаки; 6 — аридные злаки; 7 — полыни; 8 — тростник/камыш; 9 — обломки и не

Таблица 4. Распределение отдельных групп фитолитов, %

Образец	Фитолиты, шт./%	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ягдан, слой 2	8/100	75	—	—	25	—	—	—	—	—
Куртан-IV	130/100	23	14	—	16	11	2	18	2	14

полностью сформировавшиеся недиагностируемые формы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Педоседимент из разреза Куртан-IV перекрыт смесью песка и пепла, возраст которой имеет датировку около 1.4 млн лет [55]. О проработанности отложений почвообразовательными процессами говорит ореховатая структура, повышенное содержание биогенных элементов (стронция), выраженная подвижность и ориентировка глинисто-железистого материала, обнаруженная по мезо- и микронаблюдениям. Последний признак позволяет предположить иллювиальную составляющую сохранившегося горизонта изучаемого педоседимента, то есть признаки Luvisols. По гранулометрическому составу педоседимент средне-суглинистый [18], что отличает его от вмещающих песчаных и супесчаных делювиальных отложений.

Содержание азота в изученном слое разреза Куртан-IV – 0.05%, углерода – 0.18%. Такое соотношение является завышенным (азот составляет 36% от углерода при обычных 10–20% для современных почв [20]). Это явление встречается в палеопочвах (например, [41, 58]) и, вероятно, свидетельствует об интенсивной минерализации азота в условиях оптимальной влажности и достаточного количества поступающего органического вещества, богатого азотом во время развития почв. После перекрытия почвы озерными отложениями кислород перестал поступать внутрь, и азот в дальнейшем не минерализуется, а депонируется [41]. Следует заметить, что в приведенной литературе описаны результаты исследования палеопочв, возраст которых не превышал 10 тыс. лет.

Показатель коэффициента выветривания (2.20 или 79%) и титанового модуля (0.06) отражает значительную степень выветрелости исходного материала, что могло быть результатом длительного формирования почв в гумидном климате. Вместе с тем величины этого индекса не достигают значений, свойственных верхним горизонтам тропических почв, развивающихся на вулканических породах, например, во Вьетнаме (в образцах постлитогенных неэродированных почв КВ превышает 95%) [42] и Камеруне (показатель КВ всех почвенных образцов превышает 95%) [52].

Предполагаем, что благодаря высокому расположению разреза Куртан-IV почвы здесь не перекрывались лавами, что обеспечило более длительный процесс почвообразования, чем для местоположения Ягдан. Это подтверждается небольшим содержанием вулканогенных элементов (меди, цинка, кобальта, никеля) и низким уровнем МВ (Fineatal 1989, цит. по [14]). Ранее реконструировано, что в голоцене местность бы-

ла покрыта озером [51], что также могло привести к уменьшению удельной МВ, а затем перекрыта делювиальными песчаными с галечником отложениями, в результате чего в слое увеличено содержание SiO_2 одновременно с уменьшением содержания соединений марганца, никеля, кобальта, которые являются сильными магнетитами [3]. Индекс окarbonачивания сравнительно высок, что согласуется с наличием диагенетических озерных карбонатов.

Обнаруженный фитолитный комплекс представляет собой смесь форм привнесенных и образованных на месте – это фитолиты хвойных и полыней; луговых и аридных злаков и тростника/камышка. Особенно интересно присутствие хвойных, которые в настоящее время вблизи разреза не произрастают. Согласно палинологическому анализу, проведенному А. Симаковой для ранне- и среднеплейстоценовых разрезов Лорийской котловины [60], красноцветные почвы формировались в раннем плейстоцене, когда на равнинах господствовала саванноподобная растительность с большой долей луговых трав, а на горных склонах росли хвойно-широколиственные леса.

Учитывая присутствие новообразований железа в виде детритоподобных пятен, нодулей (рис. 3, А, В), можно предположить периоды застоя влаги в верхнем (отсутствующем) горизонте, поэтому для определения классификационного положения изучаемого обезглавленного педоседимента применим квалификатор *stagnic*.

Педоседименты разреза Ягдан также имеют признаки образования в минувшие климатические эпохи. Они имеют возраст более 2–2.5 млн лет, судя по перекрывающим их отложениям. Имеется выраженная почвенная структура, зерна минералов окружены глинисто-железистой пленкой.

Глинистые минералы, обнаруженные в микроморфологических шлифах из образцов верхних горизонтов, могут быть следствием пелитизации под воздействием постмагматических растворов [24], а рыжая окраска – результат адсорбции оксидов железа. Появление последних – следствие формирования в гумидном тропическом или субтропическом климате. При рассмотрении шлифов слоя 3 под микроскопом выявлены железистые пленки, которые полностью покрывают зерна вулканических минералов, что является следствием длительных и интенсивных процессов почвообразования в существенно более теплых и влажных, чем в современности, климатических условиях. Слой 4 несет явные признаки почвообразования: оструктуривание массы, выбросы мезофауны, вооруженная ориентировка железисто-глинистого тонкодисперсного материала. В слое 5 есть следы жизнедеятельности почвенной фауны. Процентное содержание крупных гранулометрических фракций с глубиной в Ягдане уменьшается,

гранулометрический состав меняется с легкого суглинка крупнопылеватого на тяжелый суглинок пылеватый, что также может быть доказательством большей длительности формирования переотложенных осадочных пород, на которых формируются почвенные образования Ягдана. Количество азота и углерода убывают вниз по профилю. В слоях 2 и 3 количество углерода резко возрастает, что согласуется с повышенным содержанием азота, который может быть только биогенного происхождения. Таким образом, в разрезе явно прослеживаются признаки Cambisols: глинистые, железистые, марганцевые пленки, гранулометрический состав не легче легкого суглинка, бурые и красноватые тона окраски.

Максимальный показатель коэффициента выветривания обнаружен в верхнем слое разреза Ягдан (рис. 4, А), который испытал воздействие горячей текущей лавы. Ниже по разрезу показатель распределен равномерно и равен ~2.5, что свидетельствует о высокой степени выветривания. Индекс химического выветривания в верхнем горизонте разреза Ягдан (рис. 4, Б) минимален и увеличивается книзу, что подтверждает сильное температурное воздействие сверху на почвенный профиль. Коэффициент окисления в верхнем слое разреза Ягдан максимален (рис. 4, В) и отличается от показателей нижележащих слоев, что подчеркивает специфику развития верхнего слоя. В целом показатель вниз по разрезу Ягдан варьирует незначительно, что показывает отсутствие в нем окислительного барьера. Крайне небольшой показатель индекса засоления подчеркивает формирование в гумидном климате. В верхних слоях разреза Ягдан (рис. 4, Е) зафиксирован сравнительно высокий показатель титанового модуля. Предполагаем, что это следствие привноса дополнительного материала вулканическими процессами уже после формирования почвы.

В разрезе Ягдан верхние два слоя резко выделяются по содержанию меди, кобальта, никеля, хрома, ванадия. Эти элементы лишены способности накапливаться в живых организмах [26], зато в больших количествах присутствуют в базальтовых лавах [22]. Цинк наиболее привязан к гумусовому горизонту. Это связано с его высокой биологической значимостью и склонностью к биогенному накоплению [26]. Также цинка очень много в базальтах [22]. Цинк активно выносится растениями из гумусного горизонта в нижележащий [26]. Напомним, что в исследованном разрезе Ягдан наибольшее содержание цинка обнаружено в самом нижнем горизонте, что может свидетельствовать о длительности формирования почвы. Стронций — единственный микроэлемент в разрезе Ягдан с выраженным максимумом в слоях 2 и 3. Возможно, дело в его способности накапливаться в растениях [21].

Увеличение количества железа, хрома, никеля, цинка, ванадия, свинца, которые сильно привязаны к основным магматическим породам [22], также замечено в слое 5 разреза Ягдан. Учитывая некоторое увеличение показателя МВ в этом слое, можно предположить наличие следов вулканических выбросов (хорошо проработанных почвообразовательными процессами в дальнейшем) или занос материала со склона. Горизонт может соответствовать квалификации *vitric*.

Слои 2 и 7 выделяются по количеству илстых частиц (12 и 13% соответственно), что позволяет применить к этим горизонтам квалификацию *argic*. Высокое содержание илстых частиц дополняется наличием глинистых пленок в вышележащих горизонтах и оптической ориентацией тонкодисперсной массы.

Резкое увеличение МВ слоя 1 разреза Ягдан отражает сильное воздействие лавового потока. В слоях ниже третьего показатели МВ небольшие, распределены равномерно.

Древних фитоцитов в разрезе не обнаружено, что может быть связано с тем, что мы имеем дело с обезглавленными почвенными телами, подвергшимися воздействию раскаленной лавы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подтверждено, что обнаруженные в Лорийской котловине педоседименты формировались в климате, отличающемся от современного. Реконструирована изменчивость климата на протяжении формирования почв. На проработку изученных отложений почвообразовательными процессами указывают обнаруженные при микроморфологическом исследовании оструктуривание почвенной массы, выбросы мезофауны и биогенное измельчение, вокругскелетная ориентировка железисто-глинистого материала, повышенное содержание азота, углерода, стронция, цинка в слоях 2 и 3 разреза Ягдан.

Датирование педоседиментов приблизительное, по перекрывающим и подстилающим отложениям, а также найденным в них орудиям (ранний ашель в разрезе Ягдан [6] и ранний-средний ашель в разрезе Куртан-IV [5]). Для разреза Ягдан это 2–2.5 млн лет, для разреза Куртан — 1.4 млн лет. Педоседименты из разреза Ягдан были перекрыты лавой во время господства гумидного климата. В пользу этого говорит наличие марганцево-железистых и глинистых пленок, низкий индекс окарбонирования и засоления и сравнительно высокий — выветривания. По реконструкции [60] рельеф Лорийской котловины более 2 млн л. н. в целом был низкогорный, а фитоциты саванноподобной растительности, обнаруженные в одновозрастных горизонтах, датированные ранним плейстоценом определяют субтропические

условия. Климат времени формирования педоседиментов Ягдана мог быть субтропическим, поскольку коэффициенты выветривания в них не достигают величин, свойственных красноцветным почвам на вулканических отложениях, формирующихся в тропическом климате в наше время. Педоседименты из разреза Ягдан можно классифицировать как *Cambisols* с квалификаторами *vitric*, *argic*, *chromic* (бурые лесные иллювиальные красноватые с вулканогенными включениями).

Педоседименты разреза Куртан-IV сформированы также в гумидных, но в более прохладных климатических условиях. Их классификационными признаками являются следы иллювиования в виде заметной оптической ориентации глинистого материала и застаивания воды в виде разнообразных новообразований железа. Территория поднималась одновременно с регрессией Каспийского моря [59], что привело к появлению хвойных растений, фитолиты которых обнаруживались как в предыдущих исследованиях [59], так и в образцах, отобранных в 2018 г. Педоседименты из разреза Куртан-IV можно классифицировать как *Stagnic Luvisols* (поверхностно-глеевые или глееватые).

Выявлены и подтверждены более поздние факторы, влияющие на сохранность педоседиментов и изменение их состава и свойств. Так, верхний горизонт разреза Ягдан резко отличается от нижележащих повышенной выветрелостью и окисленностью, причем эти свойства распространяются до слоя 3. В нем повышены показатели МВ и содержания элементов: меди, кобальта, никеля, ванадия, хрома, которые были привнесены базальтовой лавой.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы благодарят Е.В. Беляеву за возможность участия в полевых работах, старшего преподавателя кафедры физической географии и ландшафтного планирования СПбГУ А.Г. Рюмина за выполнение СНН-анализа и в. н. с. отдела географии и эволюции почв ИГ РАН д. г. н. А.А. Гольеву за выполнение анализа фитолитов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Схема образования педоседиментов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 18-00-00592, 19-29-05024-мк. Микроморфологический анализ проведен на оборудовании ЦКП ИФХиБПП РАН в рамках госзадания 0191-2019-0046.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаев Н.А. Микроэлементы в почвах Малого Кавказа Азербайджанской ССР и применение микродобриений в сельском хозяйстве. Автореф. дис. ... докт. с.-х. н. М., 1990. 44 с.
2. Атлас СССР. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. М., 1947.
3. Бабанин В.Ф., Трухин В.И., Карпачевский Л.О., Иванов А.В., Морозов В.В. Магнетизм почв. Ярославль: Изд-во Ярослав. гос. техн. ун-та, 1995. 223 с.
4. Багдасарян А.Б. Климат Армянской ССР. Ереван: АН Арм. ССР, 1958. 139 с.
5. Беляева Е.В., Любин В.П. Новые данные о первоначальном заселении Южного Кавказа (Результаты работ Армяно-Российской экспедиции, 2003–2018 гг.) // Прошлое человечества в трудах петербургских археологов на рубеже тысячелетий (к 100-летию создания российской академической археологии). СПб.: Петербургское востоковедение, 2019. 420 с. <https://doi.org/31.600/978-5-85803-525-1>
6. Беляева Е.В. Раннеашельские индустрии Закавказского нагорья и сопредельных территорий Кавказа и Ближнего Востока. Раннепалеолитические памятники и природная среда Кавказа и сопредельных территорий в раннем-среднем плейстоцене. Сер. "Archaeologica Petropolitana". СПб., 2020. <https://doi.org/10.31600/978-5-85803-549-7-41-64>
7. Бушинский Г.И. Титан в осадочном процессе // Литология и полезные ископаемые. 1963. № 2. С. 73–82.
8. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
9. Гагарина Э.И. Микроморфологический метод исследования почв. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2004. 156 с.
10. Геология СССР. Т. 43. Армянская ССР. Ч. 1. Геологическое описание / Под ред. А.Т. Асланян и др. М.: Недра, 1970. 464 с.
11. Грачева Р.Г., Замотаев И.В., Ильичев Б.А., Таргульян В.О. Закономерности организации почвенного пространства тропиков и субтропиков: литогенное наследие, саморазвитие, эволюция. Отчет о НИР № 96-05-65511 (Российский фонд фундаментальных исследований).
12. Гольева А.А. Опыт применения фитолитного анализа в почвоведении // Почвоведение. 1995. № 12. С. 1498–1506.
13. Гольева А.А. Фитолиты и их информационная роль при исследовании природных и археологических объектов. М., 2001. 200 с.
14. Дергачева М.И. Археологическое почвоведение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. 228 с.
15. Джрбашян Р.Т., Меликсетян Х.Б., Гукасян Ю.Г., Геворгян Р.П., Савов И., Карпетян С.Г., Навасардян Г.Х., Манучарян Д.А. Плинианское извержение вулкана Иринд (Арагацкая вулканическая область,

- Армения) // Известия НАН РА, Науки о Земле. 2015. Т. 68. № 1. С. 3–21.
16. *Иноземцев С.А., Таргульян В.О.* Верхнепермские палеопочвы: свойства, процессы, условия формирования. М.: ГЕОС, 2010. 188 с.
 17. *Исаев Г.Д.* Классификация карбонатных пород и биоседиментология как основа регионального фациального анализа // Вестник Томского гос. ун-та, 2010. № 332. С. 177–183.
 18. *Качинский Н.А.* Физика почв. М.: Высшая школа, 1965. Ч. 1.
 19. *Ковда В.А.* Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса. М.: Наука, 1973. Кн. 2. 474 с.
 20. *Ковда В.А., Розанов Б.Г.* Почвоведение. Ч. 1. Почва и почвообразование. М.: Высшая школа, 1988. 400 с.
 21. *Ковда В.А., Розанов Б.Г.* Почвоведение. Ч. 2. Типы почв, их география и использование. М.: Высшая школа, 1988. 368 с.
 22. *Ковда В.А., Якушевская И.В., Тюрюканов А.Н.* Микроэлементы в почвах Советского Союза. М., 1959. 67 с.
 23. *Кузнецова А.М., Хохлова О.С.* Морфология карбонатных новообразований в почвах различных типов // Литология и полезные ископаемые. 2010. Т. 56. № 1. С. 99–110.
 24. *Левинсон-Лессинг Ф.Ю.* Исследования по теоретической петрографии в связи с изучением изверженных пород Центрального Кавказа. Юрьев: Тип. К. Матисена, 1898.
 25. *Лесовая С.Н.* Генезис и география почв на красноцветных породах Европейской территории России. Автореф. дис. ... докт. г. н. СПб., 2006. 34 с.
 26. *Лесных Е.А.* Поведение микроэлементов в почве при утрате гумуса на примере почв приобского плато алтайского края // Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. 2005. № 3(19). С. 27–30.
 27. *Любин В.П.* Верхнеашельская мастерская Джрабер. Краткие сообщения института Археологии. М.: Наука, 1961. С. 59–67.
 28. *Любин В.П., Беяева Е.В., Трифионов В.Г., Симакова А.Н., Ожерельев Д.В., Хохлова О.С., Носова А.А. и др.* Динамика природной среды и формирование древнейших раннепалеолитических культур Юго-Западной Азии // Естественнонаучные методы исследований и парадигма современной археологии. М., 2015. С. 45–49.
 29. *Магакьян А.К.* Растительность Армянской ССР / Под ред. М.В. Культиасова. М.: Изд-во АН СССР, 1941. 276 с.
 30. *Меликсетян Х.Б.* Геохимия вулканических серий Арагацкой области // Изв. НАН РА. Науки о Земле. 2012. № 3. С. 34–59.
 31. Национальный атлас почв Российской Федерации / Под ред. С.А. Шобы. М., 2011. 632 с.
 32. *Нургалиева Н.Г.* Реконструктивное значение геохимических данных при изучении осадочных образований. Казань, 2017.
 33. *Румянцева Т.И., Лукишин А.А., Ковриго В.П.* Магнитная восприимчивость почв основных почвенных зон СССР // Свойства почв и рациональное использование удобрений / Под ред. Ю.В. Щербакова. Пермь, 1986. С. 67–72.
 34. *Седов С.Н., Хохлова О.С., Кузнецова А.М.* Полигенез вулканических палеопочв Армении и Мексики: микроморфологические летописи четвертичных изменений климата // Почвоведение. 2011. № 7. С. 832–847.
 35. *Самофалова И.А., Рогова О.Б., Лузянина О.А., Савичев А.Т.* Геохимические особенности распределения макроэлементов в почвах ненарушенных ландшафтов среднего Урала (на примере заповедника “Басеги”) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2016. Вып. 85. С. 56–76. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-85-57-76>
 36. *Спиридонова И.Н.* Особенности почвообразования в поздней бронзе, раннего железа и раннего средневековья (лесостепь среднего Поволжья). Пенза, 2017.
 37. *Столпникова Е.М.* Плейстоценовые почвы стоянок первобытного человека как архив палеоэкологической информации (на примере Малого Кавказа, Внутреннего Дагестана и Среднерусской возвышенности). Дис. ... канд. б. н. 2017. 161 с.
 38. *Столпникова Е.М., Ковалева Н.О.* Характеристика палеопочв и педоседиментов стоянок первобытного человека в долине р. Дзорагет (Армения) // Поволжский экологический журн. 2014. № 4. С. 628–642.
 39. *Суханов П.А., Кашанский А.Д., Наумов В.Д.* Агрогенетическая характеристика рендзин Триполитании (Ливия). Известия ТСХА. 2012. № 1. С. 63–71.
 40. Тектоническая схема Армянской ССР. М-б 1 : : 600000. 1968 г. / Под ред. А.Т. Асланян, А.Т. Вегуни.
 41. *Удальцов С.Н., Кузнецова Т.В., Демкин В.А.* Эмиссия диоксида углерода из современных и погребенных почв сухих степей Нижнего Поволжья // Вестник ТГУ. Сер. Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. № 3. С. 1014–1017.
 42. *Хохлова О.С., Седов С.Н.* Признаки почвообразования в многослойных археологических памятниках нижнего плейстоцена в северной Армении и палеоклиматические реконструкции // Генезис, диагностика и предотвращение экологических кризисов. М.: МАКС Пресс, 2017. С. 90–112.
 43. *Хохлова О.С., Мякшина Т.Н., Кузнецов А.Н., Губин С.В.* Морфогенетические особенности почв Национального парка Кат Тьен, Южный Вьетнам // Почвоведение. 2017. № 2. С. 176–194. <https://doi.org/10.7868/S0032180X1612008X>
 44. *Чувашов Б.И., Анфимов А.Л.* К проблеме происхождения узорчатых известняков (на примере девонских и пермских карбонатов Урала) // Тр. ИГГУрО РАН. Вып. 156. 2009. С. 86–90.
 45. *Штефан Л.В.* Основы кристаллооптики. Минск: БГУ, 2002.
 46. *Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
 47. *Fine P., Singer M.J., La Ven R., Verosub K., Southard R.J.* Role of pedogenesis in distribution of magnetic susceptibility in two California chronosequences // Geoderma, 1989. V. 44. P. 287–306.
 48. *Gallet S., Jahn B.M., Torii M.,* Geochemical characterization of the Luochuan loess–paleosol sequence, China, and paleoclimatic implications // Chem. Geol. 1996. V. 133. P. 67–88.

49. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 2014. 181 p.
50. *Khokhlova O.S., Khokhlov A.A., Kuznetsova A.M., Stolpnikova E.M., Kovaleva N.O., Lyubin V.P., Belyaeva E.V.* Carbonate features in the uppermost layers of Quaternary deposits, Northern Armenia, and their significance for paleoenvironmental reconstruction // *Quat. Int.* 2016. V. 418. P. 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.07.035>
51. *Khokhlova O.S., Sedov S.N., Khokhlov A.A., Belyaeva E.V., Lyubin V.P.* Indications of pedogenesis in Lower Pleistocene tool-bearing sediments in Northern Armenia and regional paleoclimatic reconstruction // *Quat. Int.* 2018. V. 469. P. 68–84. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.10.040>
52. *Nguetnkam J.P., Solleiro-Rebolledo E., Díaz-Ortega J., Tématio P.* Evaluating weathering of palaeosols in Cameroon (Central Africa) as a tool for paleoenvironmental reconstruction // *Catena*. 2020. V. 194. Art. 104688. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104688>
53. *Ortega Guerrero B., Sedov S., Solleiro-Rebolledo E., Soler A.* Magnetic mineralogy in Barranca-Tlalpan exposure paleosols, Tlaxcala, Mexico // *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 2004. V. 21(1). P. 120–132.
54. *Piperno D.R.* Phytolith Analysis: An Archaeological and Geological Perspective. San Diego: Academic Press, 280 p.
55. *Presnyakov S.L., Belyaeva E.V., Lyubin V.P., Radionov N.V., Antonov A.V., Saltykova A.K., Berezhnaya N.G., Sergeev S.A.* Age of the earliest Paleolithic sites in the northern part of the Armenian Highland by SHRIMP-II U–Pb geochronology of zircons from volcanic ashes // *Gondwana Res.* 2012. V. 21. P. 929–938.
56. *Retallack G.J.* Soils and global change in the carbon cycle over geological time // *Treatise Geochem.* 2003. P. 581–605.
57. *Retallack G.J.* Soils of the Past: an Introduction to Paleopedology. Oxford: Blackwell, 2001. 600 p.
58. *Ryabogina N.E., Afonin A.S., Ivanov S.N., Li H.-C., Kargin P.A., Udaltsov S.N., Nikolaenko S.A.* Holocene paleoenvironmental changes reflected in peat and lake sediment records of Western Siberia: Geochemical and plant macrofossil proxies // *Quat. Int.* 2019. V. 528. P. 73–87. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.04.006>
59. *Sedov S.N., Khokhlova O.S., Kuznetsova A.M.* Polygenesis of volcanic paleosols in Armenia and Mexico: micromorphological records of climate variations in the Quaternary Period // *Eurasian Soil Science*. 2011. V. 44(7). P. 766–780. <https://doi.org/10.1134/S1064229311070118>
60. *Trifonov V.G., Lyubin V.P., Belyaeva E.V., Lebedev V.A., Trikhunkov Ya.I., Tesakov A.S., Simakova A.N. et al.* Stratigraphic and tectonic settings of Early Paleolithic of North-West Armenia // *Quat. Int.* 2016. V. 420. P. 178–198. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.08.019>
61. *Trifonov V.G., Shalaeva E.A., Bachmanov D.M., Trikhunkov Ya.I., Simakova A.N., Tesakov A.S., Frolov P.D., Kolesnichenko A.A. et al.* Quaternary tectonics of recent basins in northwestern Armenia // *Geotectonics*. 2017. V. 51(5). P. 499–519.

Early Pleistocene Pedo-Sediments of the Lori Basin (Armenia): Genesis, Properties, and Their Paleo-Geographical Interpretation

A. V. Revunova^{1,*}, O. S. Khokhlova², and A. V. Rusakov¹

¹ St. Petersburg State University, St. Petersburg, 199034 Russia

² Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, 142290 Russia

*e-mail: reina_abc@mail.ru

This paper describes the red-coloured pedosediments from the sections of the Lori Basin in northern Armenia. The environmental conditions under which they were formed are reconstructed. The Early Pleistocene pedosediments in the Yagdan and Kurtan-IV sections are available for study due to their conservation under the products of volcanic activity, which were dated earlier than 2 and 1.4 Ma, respectively. Before burial, the pedosediments were exposed to molten lava solutions, which affected their composition and properties. The micromorphological method was used for the study, the magnetic susceptibility, particle size analysis and gross composition were determined in the samples, the content of carbon and nitrogen was determined, and the biomorphic composition was studied. Signs of the formation of the studied pedosediments in a humid warm (subtropical) climate were found, which is consistent with the results of early studies. Based on the totality of features, soil formations from the Yagdan section were classified as *Cambisols* with *argic*, *vitric*, and *chromic* qualifiers. Additional elements were introduced from the overlapping basalt lava into the sediments: copper, chromium, nickel, cobalt, vanadium, which was reflected in an increase in the specific magnetic susceptibility and made it possible to subdivide the soil-sedimentary stratum by geochemical coefficients. Pedosediments from the Kurtan-IV section showed signs of *Stagnic* and *Luvic* soils. They are also formed in a humid but cooler climate.

Keywords: paleosol, paleolandscape reconstruction, red-coloured soils