

МОСКОВСКИЙ
ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. М. ЛОМОНОСОВА

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

Г. К. ГАБРИЕЛЯН

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ
ВЫВЕТРИВАНИЯ И ДЕНУДАЦИИ
ВУЛКАНИЧЕСКОГО НАГОРЬЯ
АРМЯНСКОЙ ССР**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации представленной на соискание ученой степени
доктора географических наук

МОСКВА—1965

МОСКОВСКИЙ
ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. М. ЛОМОНОСОВА

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи.

Г. К. ГАБРИЕЛЯН

658

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ
ВЫВЕТРИВАНИЯ И ДЕНУДАЦИИ
ВУЛКАНИЧЕСКОГО НАГОРЬЯ
АРМЯНСКОЙ ССР**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации представленной на соискание ученой степени
доктора географических наук

МОСКВА—1965



В Армянской ССР геоморфология как наука развивалась в недрах геологии и отпочковалась от нее, что определяло характер геоморфологических исследований: основное внимание исследователей было сосредоточено на эндогенном рельефообразовании. Геоморфологической же трактовке экзогенных рельефообразующих процессов отводилось сравнительно меньше места.

Автор настоящей работы поставил перед собой цель: восполнить имеющийся пробел в геоморфологических исследованиях территории Армянской ССР, выявить основные закономерности современных экзогенных рельефообразующих процессов Вулканического нагорья Армянской ССР, количественно охарактеризовать компоненты выветривания и денудации, обобщить имеющийся фактический материал в этой области.

Материалами настоящего исследования явились: многолетние полевые наблюдения автора, лабораторные исследования различных процессов выветривания, эксперименты по искусственному дождеванию на элементарной площадке, материалы наблюдений сети гидрометеорологических станций Управления Гидрометслужбы Армянской ССР, данные химических, гранулометрических, термографических, электронномикроскопических, спектральных и др. анализов образцов горных пород, коры выветривания, природных вод, крупномасштабные карты, литературные источники и др.

Рельеф местности любой территории представляет собой результат воздействия на земную поверхность эндогенных и экзогенных сил. Эндогенными факторами обуславливается тог субстрат, на котором развиваются экзогенные процессы—экзогенез. Под экзогенезом мы понимаем весь комплекс процессов экзогенного порядка, который охватывает выветривание, денудацию и образование коррелятных отложений. Эти процессы теснейшим образом связаны между собой, обуславливают друг друга и обеспечивают экзогенное движение материи, что в свою очередь связано с группой процессов эндогенного порядка.

В области изучения экзогенеза проделана огромная работа, накоплен колоссальный фактический материал, однако он с геоморфологической точки зрения не обобщен, стройной теории экзогенеза еще нет. Разработка такой теории является одной из основных проблем современной геоморфологии.

Экзогенез представляет собой единый процесс, его составляющие проявляются совместно, их нельзя рассматривать как чередующиеся процессы. Из трех компонентов экзогенеза в настоящей работе исследованы детально выветривание и денудация. Что касается третьего компонента—образования коррелятных отложений, то это представляет специальную проблему, разрешение которой не входит в нашу задачу, поэтому ей в работе отведено подчиненное место.

Под выветриванием подразумевается совокупность всех гипергенных процессов, под воздействием которых в данных термодинамических условиях первичная порода теряет прежнее равновесное состояние и ее физико-химические свойства меняются.

Денудацией же мы называем совокупность экзогенных процессов, приводящих продукты выветривания в движение, осуществляемое под воздействием силы тяжести, имеющей нисходящее направление.

В денудационных процессах гумидных и семиаридных областей (к которым относится территория Армянской ССР) доминирующими являются флювиальные процессы, среди которых сравнительно глубоко изучены русловые процессы. Что касается склонового смыва, гравитационной, инфильтрационной денудации, эоловых и др. явлений, то здесь сделано еще очень немного.

В настоящей работе затронуты все аспекты денудации, участвующие в формировании скульптурного облика рельефа, приведены количественные характеристики.

Вулканическое нагорье Армянской ССР по нашим данным ежегодно поднимается на 0,6—1 мм, денудируется же всего лишь 0,05 мм, что в 12—20 раз меньше поднятия. При восходящем движении материи большой массе соответствует незначительный путь движения. При нисходящем же движении (в процессах денудации) небольшой массе движу-

щегося материала соответствует большой путь движения, происходит величайший акт гипергенной дифференциации материи. Нисходящее движение материи связано с практической деятельностью человека, оно ощутимо, часто влечет за собой катастрофические последствия, следовательно, исследование закономерностей этого типа движения приобретает большой практический интерес.

Диссертация состоит из вводной части (введение, физико-географические условия изучаемой территории) и двух основных частей: 1. Современные процессы выветривания. 2. Процессы денудации (всего 12 глав) и заключения. В конце каждой главы приведены выводы.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ—ВЫВЕТРИВАНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКОГО НАГОРЬЯ АРМЯНСКОЙ ССР

Эта часть состоит из четырех глав:

ГЛАВА ПЕРВАЯ. МЕХАНИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ

В нашей стране изучение процессов выветривания началось со второй половины 19 века. Оно было связано с бурным развитием почвоведения и геологии и связано с именем В. В. Докучаева. Идея единства процессов выветривания и почвообразования была выдвинута именно русскими почвоведом и геологами (К. Д. Глинка, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, А. Е. Ферсман, А. П. Виноградов и др.). Важным этапом в развитии передовых взглядов на выветривание явились труды Б. Б. Польнова. Им было создано учение о выветривании.

Процессы выветривания на территории Армянской ССР изучались в основном с точки зрения почвоведения и геологии (З. Н. Немова, Х. П. Мириманян, Е. А. Ярилова, Р. Х. Айдинян, З. А. Ацагорцян, Б. Н. Аствацатрян, Н. И. Долуханова, П. М. Каплянян, А. Р. Галстян, Г. К. Габриелян).

С геоморфологической точки зрения всю зону гипергенеза следует разделить на три подзоны: 1. верхнюю—до 1 м глубины, где наблюдаются суточные колебания температуры и активно действуют микроорганизмы. 2. среднюю—до 8—10 м, куда проникают сезонные колебания температуры и активно

проявляются процессы окисления: 3. нижнюю—глубже 10 м, где температура постоянна, воздух проникает с трудом, окислительный процесс идет слабо. Нас интересуют верхние две подзоны, в частности рыхлая кора выветривания.

Единый процесс выветривания принято делить на три составляющие: механическое, химическое и органическое выветривания. Сохраняя традиционную форму деления, мы вкладываем такой смысл: выветривание—сложный процесс, где вышеуказанные три составляющие проявляются совместно, как единое целое.

В разделе «Свойства горных пород в механическом выветривании» дается описание эффузивных пород и их сопротивляемость процессам механического выветривания. В классификации пород по признаку сопротивляемости механическому выветриванию учтены их петрофизические свойства: предел прочности, коэффициенты теплового расширения минеральных компонентов породы, цвет, структура, текстура и отдельность. Все эффузивы Вулканического нагорья Армянской ССР были разделены на три группы:

1. Плотные породы, обладающие большой сопротивляемостью. В эту группу входят породы, у которых временное сопротивление сжатию большое (более 500 кг/см^2); объемный вес превышает 1,5—2; они обладают скрытокристаллической или мелкокристаллической структурой, массивной, однородной, плотной текстурой, с трудом скальваются, их пористость незначительна (базальт, андезит-базальт, андезит, андезит-дацит, трахит, плотные разновидности туфов).

2. Породы со средней сопротивляемостью. Эти породы имеют сравнительно малый объемный вес (1,4—1,6), временное сопротивление сжатию $30—500 \text{ кг/см}^2$ крупнозернистые дациты, пехштейновые дациты, некоторые разновидности андезитов, туфов, липаритов и др.).

3. Рыхлые породы, обладающие слабой сопротивляемостью механическому выветриванию. В эту группу входят несцементированные или слабо сцементированные агломераты, шлаковый материал, пемзовые пески, вулканический пепел, слабо сцементированные туфобрекчии, а также континентальные отложения невулканического происхождения (корреляционные отложения).

Эффузивные породы Армянской ССР образуют несколько типов отдельностей: столбчатый, глыбовый, плитняковый, шаровый. Отдельность играет решающую роль при макрожелификации.

Нами изучена роль структуры и текстуры породы при механической дезинтеграции. Наиболее неустойчивыми оказываются те породы, которые раскристаллизованы при большом давлении и высокой температуре. В гипергенном цикле они быстро разлагаются, а те породы, которые образованы в условиях, близких к гипергенной зоне, оказываются устойчивее к процессам выветривания. К такому выводу мы пришли на основании экспериментальных данных по замораживанию и оттаиванию горных пород. Наиболее устойчивы к термическому выветриванию породы с массивной текстурой. Имея флюидальную или любую другую текстуру, при которой наблюдается определенная ориентировка кристаллов, порода выветривается быстрее. По данным экспериментов циклы замораживания и водопоглощения уменьшают прочность породы.

В разделе «условия термического выветривания» приводятся материалы наблюдений за суточным и сезонным ходом температуры воздуха, почвы и горных пород и значение термических колебаний в выветривании.

За границей в последние два десятилетия появились работы, в которых умалается роль термических колебаний в дезинтеграции горных пород и основная роль в этом процессе придается гидратации. Наличие воды в породе ускоряет процесс дезинтеграции, но это отнюдь не умалает роль температурных колебаний.

В процессе термического выветривания особый интерес представляют суточные температурные колебания на поверхности горных пород и в коре выветривания. Для измерения температуры на поверхности скальной породы и на некоторой глубине ее нами разработана довольно простая методика: контакт между резервуаром термометра и породой создается с помощью ртути. Температура в глубине породы измеряется в просверленных отверстиях, куда мы капаем 1—2 капли ртути для создания контакта между породой и резервуаром термометра пращ.

Анализ суточного хода температуры в воздухе, на поверхности почвы и горных пород, а также на некоторой глубине показывает, что амплитуды температуры наиболее резко выражены в летние месяцы, в частности, в предгорьях, где суточная амплитуда температуры на поверхности горной породы в среднем достигает 40—50°. С увеличением высоты местности она уменьшается. Наиболее интенсивное термическое выветривание наблюдается в предгорьях.

Нами изучено значение переменной облачности в процессе термического выветривания. Наиболее эффективное воздействие температурных колебаний на выветривание имеет место летом в промежутке времени от 10 до 19 часов, при чередовании ясной погоды с облачной—в 4—5 раза, что наблюдается при полярном состоянии неба (3—7 баллов). Анализ годового хода облачности показывает, что наибольшая вероятность полярного состояния неба характерна для высот 1400—2000 м, где наблюдается наибольшая интенсивность термического выветривания.

Температурные градиенты в предгорьях значительно превосходят температурные градиенты высокогорий. Интенсивный теплообмен и процесс механического выветривания в предгорьях проникают в грунты несравненно глубже, чем в других поясах. В работе показано также значение снежного покрова в термическом выветривании грунтов.

Специально рассмотрен вопрос морозного выветривания и образования чингилов. Главным фактором чингилообразования мы считаем макрожелезистость. Образование основных масс чингилов мы связываем с явлениями макрожелезистости ледникового периода или с процессами, происшедшими непосредственно вслед за извержением лав. Что касается процессов современного морозного выветривания, то мы не придаем им большого значения. Основной процесс морозного выветривания и образования чехла чингилов давно завершен, в настоящее же время чингилообразование регулируется гравитационными движениями обломочных масс.

Макрожелезистость и образование чингилов обусловлены тремя факторами: 1. трещиноватостью горных пород; 2. водонасыщенностью имеющихся трещин; 3. частотой замора-

живания и оттаивания. Отсутствие одного из указанных факторов останавливает процесс чингилообразования. В эволюции чингилов мы отличаем две стадии: в первой стадии чингилообразование происходит быстро. Во второй стадии, после образования чехла чингилов на лавовых покровах, дальнейшее их образование обусловлено движением обломочных масс. Устанавливается динамическое равновесие между движением обломочных масс и макрожеливацией. В Армянской ССР чингилы в основном находятся во второй стадии развития.

В вертикальном разрезе чингилов различаются четыре горизонта: 1. материнская порода, которая только подвергается макрожеликации; 2. та же порода, но оторванная от материнской и лежащая *in situ*; 3. Нарушено первоначальное расположение глыб; 4. поверхностный слой, где наблюдаются суточные амплитуды температуры и воздействие солнечных лучей. Суммарная мощность трех верхних горизонтов достигает 3—5 м, не считая чингилов провального происхождения.

Процессы механического выветривания подчинены закону вертикальной зональности. В специальном разделе рассматривается продолжительность периода активного выветривания по высотным поясам. Под продолжительностью периода активного выветривания мы понимаем тот период года, когда на поверхности земли наблюдаются суточные температурные колебания, зависящие от толщины снежного покрова. В работе приводятся таблица, график и карто-схема, характеризующие период активного выветривания. С увеличением высоты местности уменьшается период активного выветривания (от 300—350 дней до 60 дней и менее). С увеличением высоты уменьшается интенсивность термического выветривания, но усиливается интенсивность морозного выветривания. В этом разделе представлена карто-схема типов выветривания на фоне ландшафтных поясов.

Выветривание не создает форм рельефа. Часто в литературе ряд скульптурных форм называется формой выветривания, что неправильно. Формы рельефа связаны с заметным перемещением выветрелого материала—с денудацией. Формами же выражения механического выветривания являются:

десквамация, образование рыхлых масс на поверхности горных пород, чингилы.

В общем балансе механического выветривания оно наиболее интенсивно выражено в предгорьях вулканических массивов.

ГЛАВА ВТОРАЯ. ХИМИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ

Под воздействием агентов химического выветривания происходит преобразование первичных минералов. Значительная часть химических компонентов мигрирует в растворенном виде; на месте остаются более простые, и вместе с тем устойчивые в данных термодинамических условиях, минералы. Эта общая тенденция противоположна тенденции метаморфизма, где процессы ведут к образованию более сложных минералов. Изучение процессов выветривания на территории Армянской ССР привело нас к выводу, что химическое преобразование горных пород намного сильнее, чем предполагалось до сих пор.

Первый раздел главы посвящен химическому составу эффузивных пород и характеру их выветривания. Используя данные химических анализов (279 образцов) мы вычислили средний химический состав 12 наиболее часто встречающихся типов пород. В этом разделе рассматриваются миграционные способности отдельных компонентов. В конечном итоге количество Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 и др. увеличивается в коре выветривания; FeO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , Cl , S —уменьшается. Наиболее интенсивно мигрируют Cl и S .

Далее рассматривается минералогический состав горных пород и выветривание. Первичные минералы в гипергенных условиях видоизменяются, образуются вторичные. Превращение минералов представляет собой стадийный процесс, и устойчивость породы определяется количеством самых неустойчивых минералов в ней.

Все минералы, входящие в состав эффузивных пород Армянской ССР нами разделены на четыре группы: 1. Очень устойчивые минералы (кварц); 2. устойчивые (кислые плагиоклазы, кали-натриевые полевые шпаты); 3. умеренно-устой-

чивые (слюды, группа амфиболов, роговая обманка); 4. неустойчивые (сульфиды, оливин, основные плагиоклазы).

В гипергенной зоне в процессе химического выветривания горных пород происходит не только разложение минералов сложного химического состава, но и синтез новых, более устойчивых. В условиях Армянской ССР вторичными образованиями являются монтмориллонит, бейделлит, гидрослюды, кальцит, опал, халцедон, эпидот, хлорит, серицит и др. Электронномикроскопические, рентгеноструктурные термографические анализы показывают, что наиболее характерными глинистыми минералами в коре выветривания являются монтмориллонит и бейделлит. Наши данные подтверждают ранние исследования в этой области.

В главе относящейся химическому выветриванию, подробно рассмотрены также вопросы растворения и выщелачивания горных пород, приводятся данные лабораторных исследований 12 различных типов пород (базальт, андезито-базальт, андезит, андезито-дацит, различные туфы, обсидиан, пемза, карбонатная корка). Результаты экспериментов приводят нас к следующим выводам:

1. все эффузивные породы верхнеплиоценового-четвертичного возраста имеют схожую растворимость в дистиллированной воде (кроме капутанских андезитов). При температуре 15° из 100 г порошка породы растворяется в 1 литре воды 60—140 мг. Капутанские андезиты растворяются во много раз интенсивнее—800 мг/л.

2. В процессе выщелачивания эффузивов увеличение минерализации воды находится в обратной зависимости от объемного веса породы и ее дисперсности.

3. В интервале температур от 0° до 40 — 50° растворимость породы находится в обратной зависимости от повышения температуры воды. При низких температурах в растворе больше CO_2 , способствующей растворимости.

4. Растворимости горных пород способствует периодическое высушивание и водообмен.

5. Интенсивный процесс растворения происходит в момент соприкосновения твердой фазы и воды, далее процесс идет медленно.

6. Растворимость эффузивов находится в обратной зависимости от первоначальной минерализации растворителя (дождевой воды).

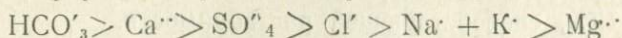
7. Дистиллированная вода с большим содержанием CO_2 значительно агрессивнее действует на эффузивы, чем родниковая, имеющая некоторую первоначальную минерализацию.

Многочисленные данные химических анализов родниковых вод показывают, что эффузивные породы устойчивы к химическому выветриванию и мало растворяются в дождевой воде. Минерализация подземных вод колеблется в пределах 50—300 мг/л, в редких случаях достигает 500 мг/л.

В гидрохимических исследованиях родниковых вод до сих пор имеется очень важное на наш взгляд упущение-недоучет первоначальной минерализации дождевой воды. Наши исследования (совместно с О. А. Бозояном, 1964) показали, что дождевые воды содержат 100—300 мг/л различных растворенных компонентов. Нами исследованы 72 пробы атмосферных вод, отобранных в разных частях республики. Результаты анализов показывают, что с увеличением высоты местности минерализация увеличивается: на Араратской равнине—72 мг/л; в среднегорном поясе—50 мг/л; в высокогорном поясе—39 мг/л. Наибольшую минерализацию имеют летние ливневые дожди, наименьшую—осадки в конце зимы. Атмосферные воды имеют слабокислую и нейтральную реакцию (рН порядка 6,5—6,8).

Во всех поясах атмосферные воды принадлежат гидрокарбонатно-кальциевому типу. По химическому составу в высокогорном и среднегорном поясах наблюдается следующая последовательность основных ионов: $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+} > \text{SO}_4^{2-}$

На Араратской равнине картина несколько меняется:



В работе дается анализ отдельных компонентов химического состава атмосферных вод. Кроме указанных основных ионов в растворенном виде имеются SiO_2 , NO_2 , CO_2 и др.

По нашим подсчетам на Араратскую равнину и предгорья

ежегодно вместе с дождями, поступает следующее количество веществ на 1 км²: NaCl — 3—4 т; Na₂SO₄ — 0,5 — 0,8 т; CaSO₄ — 0,8—1,0 т; Ca (HCO₃)₂ — 15—18 т; Mg (HCO₃)₂ — 3—4 т. Общее количество веществ — 23—25 т/км², в высокогорных районах — 10—20 т/км². Доля атмосферных компонентов в химическом стоке рек составляет 30—40 %.

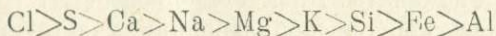
В изучении химического выветривания горных пород широко применен метод сопряженных химических анализов, разработанный Б. Б. Полыновым. Были использованы четыре способа сопряженного анализа:

1. Сопоставление химического состава выветрелых пород с химическим составом исходных пород.
2. Сопоставление химического состава грунтовых вод с химическим составом исходных пород.
3. Сопоставление химического состава поверхностных вод (лужи и мелкие ручейки после дождя) с химическим составом исходных пород.
4. Сопоставление химического состава водных вытяжек из порошков свежих пород с химическим составом свежей породы.

На основании многочисленных анализов, приведенных в работе, можно констатировать следующее:

1. Окиси TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO в процентном отношении увеличиваются в коре выветривания, их коэффициенты изменчивости больше единицы.
2. Окиси SiO₂, FeO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ в процентном отношении уменьшаются, коэффициенты изменчивости у них меньше единицы. Особо рассмотрено поведение кремнекислоты, которая обладает активными миграционными способностями, но как кремнезем-пассивными.

Подводя итоги четырех способов сопряженного химического анализа, мы установили следующий ряд подвижности основных химических элементов:



ГЛАВА ТРЕТЬЯ. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ

В этой главе освещено значение организмов и органических веществ в процессах выветривания пород.

В изучение начальной стадии выветривания скальных пород большой вклад внесли русские ученые: геохимики, биохимики, почвоведы (В. И. Вернадский, В. Р. Вильямс, Б. Б. Полюнов, А. П. Виноградов и др.). Они разработали теорию, где чрезвычайно большое значение придается жизнедеятельности живых организмов, участвующих в процессе выветривания.

Микробиологические анализы образцов, собранных нами, показывают, что с увеличением высоты местности количество микроорганизмов уменьшается, т. к. ультрафиолетовые лучи солнца губительно действуют на микроорганизмы. На скальных породах на глубине 10 мм микроорганизмы исчезают. Все микроорганизмы предпочитают основные породы. На кислых же породах их значительно меньше.

Наибольший процент микробного населения на горных породах составляют бактерии (спороносные и неспороносные), затем—микобактерии, актиномицеты, дрожжи и плесневые грибы. На эффузивах Армянской ССР микроорганизмы не только разлагают породу, но и участвуют в синтезе новых минералов. Огромное значение как концентраторы железа и марганца на поверхности пород (в виде загара) имеют бактерии.

Подробно показана роль микроорганизмов в образовании карбонатной коры выветривания. Исследования последних лет (проведенные совместно с А. П. Петросян) показывают, что только химические процессы недостаточны для образования карбонатов в континентальных условиях; здесь необходимы также биологические процессы.

Эксперименты по органогенному карбонатообразованию были произведены на искусственных питательных средах Молиш-агар и МПА+1% CaCl_2 . В ходе изучения удалось выделить более 300 штаммов различных групп микроорганизмов, отлагающих карбонаты. Анализы показывают, что в процессе биологического карбонатообразования участвуют бактерии (спороносные и неспороносные) микобактерии, актиномице-

ты, дрожжи и плесневые грибы. Длительность процесса образования карбонатов в лабораторных условиях у различных микроорганизмов разная. У некоторых бактерий кальцит в виде сферолитов появляется в течение 20—24 часов после посева. В работе приведены многочисленные микрофотографии стадий развития карбонатных образований. Минералогический анализ кристаллов показал, что они представляют собой кальцит, под воздействием соляной кислоты кристаллы мгновенно разлагаются, выделяя углекислый газ. В микрофото снимках карбонатной коры, полученной в лаборатории и шлифов естественной коры можно констатировать очень много общих черт.

Наряду с другими факторами карбонатообразования, микроорганизмы играют роль биогеохимического барьера в миграции и круговороте веществ, благодаря чему легкомигрирующие бикарбонаты превращаются в карбонаты и концентрируются в предгорьях.

В органическом выветривании горных пород Армянской ССР своеобразное место занимают лишайники. Они хорошо развиваются на высотах 1500—3500 м. Под лишайниками порода на глубине в 3—7 мм разлагается, теряет прежнюю прочность, в вертикальном разрезе появляются мелкие трещины, по которым проникают гифы. В этом слое порода становится более бурой, появляется лишайниковый мелкозем с синтетическими вторичными минералами. Мелкозем под лишайниками обладает достаточно высокой емкостью обмена катионов, общее количество содержания коллоидов под лишайниками достигает 5—20 % от мелкозема. Лишайники лучше всего развиваются на основных породах.

Последний раздел главы посвящен месту почвенно-растительного покрова в процессе выветривания. Растительность способствует химическому выветриванию в двух направлениях: выделяя различные кислоты, разлагающие минералы, и образуя различные кислоты после отмирания под воздействием микроорганизмов. В сложном процессе почвообразования происходит миграция, аккумуляция и перераспределение ряда элементов, что отражается на развитии рельефа.

В образовании коры выветривания и в денудации исклю-

чительное значение имеют коллоиды. Наиболее богаты коллоидами черноземы (до 15—20 %). Глинные минералы монтмориллонитовой группы обуславливают высокую поглотельную способность и в сочетании с органическими веществами участвуют в структурообразовании.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ. КОРА ВЫВЕТРИВАНИЯ

Корой выветривания мы называем верхнюю оболочку земной коры, где первичные породы непрерывно изменяются под воздействием процессов выветривания. В геоморфологии большой интерес представляет остаточная кора, которая является зеркалом современных физико-географических процессов.

При типизации коры выветривания нами учтены зональность, геохимическая характеристика и дисперсность продуктов выветривания:

1. Альпийский пояс: а) грубообломочная кора выветривания.
б) сиаллитно-глинистая (ненасыщенная основаниями) кора выветривания.
2. Субальпийский пояс: а) грубообломочная кора выветривания.
б) сиаллитно-глинистая, ненасыщенная кора выветривания.
3. Степной пояс: а) грубообломочная кора выветривания.
б) сиаллитно-карбонатная кора выветривания.
4. Полупустынный пояс: а) грубообломочная кора выветривания.
б) карбонатная кора выветривания.
в) супераквальная хлоридно-сульфатная кора выветривания.

В каждом поясе мы имеем две разновидности коры—грубообломочная и мелкодисперсная. Грубообломочная объединяет элювиальные и делювиальные чингилы и встречается во всех поясах, но наиболее характерна для высокогорий.

Для изучения рыхлой, мелкодисперсной современной коры выветривания и миграции элементов из нее мы применили метод сопряженного химического анализа для трех поясов (субальпийского, нагорных степей и полупустынного).

Наши исследования показывают, что в каждой климатической зоне и в каждом поясе (в вертикальной зональности) под воздействием комплекса процессов выветривания формируется соответствующий тип коры выветривания. Мнение о том, что фактор времени может сгладить различия между различными типами кор, мы считаем ошибочным.

На основании сопряженных химических анализов нами установлено, что в альпийском и субальпийском поясах в условиях низких рН водных растворов из коры выветривания выщелачиваются легкомигрирующие элементы, что способствует увеличению концентрации некоторых слабоподвижных соединений (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 и др.).

Отличие от субальпийского и альпийского поясов, в нагорных степях и полупустыне концентрируются элементы и соединения, выщелоченные из более высоких гипсометрических уровней: в поясе нагорных степей и ортоэлювиальной полупустыне типоморфными элементами являются кальций, частично—магний и сера.

В полупустынной супераквальной хлоридно-сульфатной коре выветривания концентрируются хлор, натрий, сера.

Вулканическое нагорье Армянской ССР имеет в основном уравновешенный баланс коры выветривания. Кора с отрицательным или положительным балансом—подчиненного характера. При установившемся равновесии толщина коры в 1 м возобновляется в течение 20 тыс. лет.

Между интенсивностью выветривания коренных пород и мощностью коры существует обратная зависимость, являющаяся одной из основных закономерностей геоморфологии.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ. ДЕНУДАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

В разделе «Общие замечания» приводятся различные толкования понятий «денудация» и «эрозия». Американские ученые под эрозией понимают всякую денудацию. В советской ли-



тературе также встречаются разноречивые понимания этих терминов. В геоморфологическом аспекте эрозию следует называть «русловой эрозией». Эрозию же в понимании почвоведов следует называть «почвенной эрозией» или в некоторых случаях «сельскохозяйственной эрозией», когда она происходит под воздействием вмешательства человека.

Денудация является самой динамичной составляющей среди трех компонентов экзогенеза рельефа. В Армянской ССР процессы денудации преобладают над процессами аккумуляции. Продукты выветривания в основном удаляются из пределов нагорья. Часть продуктов склонового сноса (примерно 20—25 %) временно задерживается в отрицательных формах рельефа.

В денудационных процессах мы выделяем четыре основных типа денудации: гравитационный, флювиальный, эоловый, ледниковый.

ГЛАВА ПЯТАЯ. ГРАВИТАЦИОННАЯ ДЕНУДАЦИЯ

Гравитационными называются такие движения масс коры выветривания на склонах, когда транспортирующее значение среды (воды, льда и др.) отступает на второй план и основной движущей силой является непосредственно сила тяжести. В широком смысле всякое движение продуктов выветривания является гравитационным.

В данной главе рассматриваются обвалы и лавины, гравитационное движение чингилов, оползни, медленное движение почвогрунтовых масс.

В настоящее время можно считать доказанным, что почвогрунтовые массы на любых склонах с уклонами более 2—5° медленно движутся (В. Пенк, И. П. Герасимов, И. С. Щукин, Н. И. Маккавеев и др.). Наши полевые и экспериментальные наблюдения подтверждают это положение. (В работе описана методика экспериментальных наблюдений: резиновый шланг вбивается в грунт перпендикулярно склону, через год откапывается шурф с таким расчетом, чтобы шланг оказался на стенке шурфа. Форма резинового шланга укажет характер движения масс на склоне). Эксперимент на Кархачском пе-

ревале (Джавахетский хребет) показал, что под задернованным слоем происходит подтекание рыхлых, разжиженных масс.

В общем балансе денудации гравитационным перемещением масс, в частности дефлюкции, следует придавать большее значение, чем делается до сих пор. С увеличением высоты местности интенсивность флювиальной денудации ослабевает, усиливается гравитационная денудация.

ГЛАВА ШЕСТАЯ. СКЛОНОВЫЙ СМЫВ

Флювиальная денудация рассматривается в трех основных аспектах: 1. склоновый смыв; 2. русловая эрозия; 3. инфильтрационная денудация.

Первый раздел главы посвящен вопросам склонового смыва. Здесь рассматриваются факторы склонового смыва и процессы, связанные с движением стекающей со склонов воды. На основании экспериментов искусственного дождевания приводятся количественные характеристики склонового стока.

В числе факторов, вызывающих склоновый сток, наиболее важны те атмосферные осадки, которые способны создавать поверхностный смыв. Для анализа мы использовали данные наблюдений сети метеорологических станций над осадками со слоем более 10 мм за один дождь. Изучены материалы 48 мет. станций, где установлены плювиографы. Ряд, взятый для анализа, колеблется от 3 до 24 лет. Нами изучены данные более 1700 дождей, составлена карто-схема количества ливневых дождей за год всей республики.

Наибольшее количество ливневых дождей выпадает в северо-восточных и южных районах республики: 6—8 ливней в год. Вулканические среднегорные плато получают от 4 до 6 ливней. Как высокогорья, так и низкогорья получают меньше 4. Ливневые дожди со слоем более 10 мм выпадают с апреля по ноябрь и составляют 10—25 % от годового количества осадков. Наибольшее количество ливней наблюдается в июне. В Армянской ССР преобладают послеполюденные дожди (61,4 %).

Интенсивность дождей колеблется в больших пределах.

13,6 % дождей имеют максимальную интенсивность более 1 мм/мин; 31,1 % — 1—0,5 мм/мин; 50,7 % — 0,50—0,01 мм/мин и только 4,7 % — меньше 0,01 мм/мин. Максимальная интенсивность в редких случаях достигает 6—7 мм/мин. Интервал максимальной интенсивности колеблется от 1 до 6—10 минут. У 60 % ливневых дождей максимальная интенсивность падает на начало дождя, у 34 % — на середину и только у 6 % — на конец.

Из 1700 дождей, изученных нами, с осадками более 30 мм оказались всего лишь 86 дождей, т. е. 5 %. За один кратковременный дождь может выпасть до 50—60 мм. Максимальное количество (176 мм) зарегистрировано в Кафане, что является редчайшим случаем.

Все дожди нами подразделены на три группы:

1. Кратковременные (менее 1 часа) — 9,6 % всех дождей.
2. Непродолжительные (1—3 часа) — 34,2 % всех дождей.
3. Продолжительные (более 3 часов) — 56,2 % всех дождей. Из них наиболее селеопасны кратковременные и непродолжительные дожди.

В Армянской ССР зимой выпадает снег и устанавливается устойчивый снежный покров. Его продолжительность и мощность находятся в функциональной зависимости от высоты местности. Число дней со снежным покровом колеблется от 30 до 300; мощность — от нескольких сантиметров до 1—2 м. Линия фирновых полей (орографическая снеговая граница) находится на высоте 3100—3300 м.

Снежный покров сходит раньше, чем происходит оттаивание сезонной мерзлоты. Сезонная мерзлота препятствует инфильтрации поверхностных вод, поэтому денудация наиболее интенсивна весной.

Среди флювиальных факторов денудации наиболее мощным является талая вода, и борьба против денудационной деятельности талых вод является первоочередной задачей для геоморфологов и гидрологов.

Специальный раздел посвящен экспериментам искусственного дождевания на элементарной площадке. Начиная с 1950 г до 1964 г нами проделано свыше 250 опытов в различных комбинациях дождевания и в различных условиях. В про-

пессе дождевания отчетливо выделяются четыре этапа: 1. механическое воздействие дождевых капель; 2.—инфильтрация дождевой воды; 3.—поверхностный сток; 4. затухание стока после прекращения дождя (этап добегаания).

На основании экспериментов можно отметить следующие общие закономерности: в первом этапе дождя происходит разрушение почвенных агрегатов, механическое смещение частиц и уплотнение почвы. На втором этапе расход воды осуществляется инфильтрацией. На третьем этапе расход воды в поверхностном стоке возрастает быстро, затем рост количества воды постепенно уменьшается и достигает максимума к концу дождевания (при дождевании с постоянной интенсивностью). *Ход твердого стока таков: при увеличении жидкого стока возрастает также количество твердых веществ, но затем уменьшается, несмотря на то, что жидкий сток продолжает возрастать. Мутность имеет тот же ход, что и сток твердых наносов, но ее кривая на графике более сглаженного характера, химический сток, выраженный в мг/л, имеет нисходящую кривую на графике. Наибольшее количество растворенных веществ в воде наблюдается в начале дождевания, при первом же соприкосновении дождя с грунтом.*

Нашими экспериментами установлено, что характер дождевания имеет решающее значение для стока: наименьший сток характерен для тех дождей, у которых максимальная интенсивность наблюдается в начале дождевания. Наиболее селеопасны и вредны дожди с возрастающей интенсивностью. В работе приводятся описание и количественная характеристика стока при различных комбинациях дождевания.

Метод искусственного дождевания был применен и для изучения значения крутизны в поверхностном смыве. Получена зависимость $R=A \cdot i$, где R —смыв грунта в весовых единицах; A —коэффициент, учитывающий все остальные факторы смыва; i —уклон. При наличии задернованной поверхности удвоение крутизны увеличивает смыв в 1,2—1,5 раза; при оголенной поверхности—в 2—3 раза; в среднем—в 2 раза.

В склоновом смыве экспозиция и формы микрорельефа являются основными факторами. Южные и западные склоны нагорья денудированы интенсивнее восточных и северо-восточных, что является причиной асимметрии речных долин.

Из микроформ специально изучены скотобойные тропинки (микротеррасы) на склонах. Их можно сгруппировать в четыре типа: горизонтальные, косые, пересекающиеся и смешанные. Экспериментами искусственного дождевания показано, что горизонтальная микротеррасированность способствует уменьшению склонового смыва, остальные типы тропинок сосредоточивают струйки талой и дождевой воды и увеличивают твердый сток.

Одной из основных задач данной главы является также раскрытие значения характера почвенно-растительного покрова для склонового смыва.

Опыты искусственного дождевания показывают, что при сомкнутом травостое механическое воздействие дождевых капель отсутствует. Кратковременный ливневой дождь может вызвать поверхностный сток, но количество смытого материала при этом не превышает 1—5 гр с 1 м². При наличии луговой растительности на склоне с уклоном в 10° дождевание с интенсивностью 1 мм/мин в течение 6—10 минут в летний сухой период не дает жидкого стока.

В поясе нагорных степей количество твердого стока при сильном ливне колеблется от 4 до 150 г с 1 м².

На склонах встречаются участки, лишенные задернованного слоя. Они являются очагами денудации. С таких участков смывается огромное количество выветрелого материала и количество твердого стока рек в основном зависит от суммарной площади очагов денудации в бассейне. Распаханная поверхность приравняется к очагам денудации и является ареной смыва. Приводятся данные экспериментов искусственного дождевания на таких участках. Обычный делювиальный склон полупустыни мало чем отличается от очага денудации.

При равных условиях крутизны склонов и характера осадков наименьший поверхностный смыв наблюдается на задернованных склонах альпийского и субальпийского поясов. С уменьшением абсолютной высоты возрастает податливость рыхлой коры выветривания смыву и размыву. Наибольшее количество смытых веществ наблюдается на поверхности делювиальных суглинков полупустынного пояса. Отношение количества смыва в субальпийском и полупустынном поясах по данным экспериментов превышает 1:100. Однако в действи-

тельности это отношение несколько сглаживается ввиду следующих обстоятельств:

1. В засушливых полупустынях талые воды играют в процессах денудации малую роль, между тем с увеличением высоты местности их роль возрастает в несколько раз и является главной причиной смыва.

2. Количество осадков в полупустыне в два с лишним раза меньше, чем в альпийском или субальпийском поясах.

3. В полупустыне преобладают кратковременные дожди, редкие из них вызывают поверхностный сток.

В конечном итоге поверхностный смыв в количественном выражении наиболее развит в полупустыне и поясе нагорных степей.

В смыве почвы определенную роль играло вмешательство человека. Археологические данные показывают, что земледелие на территории Армянской ССР было развито примерно 5000 лет тому назад, вследствие чего значительно возросла почвенная эрозия.

Исследования показывают, что на распаханной поверхности сток атмосферных вод начинается значительно позже и в 5–6 раз меньше по количеству, чем на естественной задернованной поверхности, но количество твердого стока на распаханной поверхности в несколько раз больше. В поясе нагорных степей отношение количества смыва почвы между распаханной и нераспаханной поверхностями при длительном и интенсивном дождевании достигает 100—120.

Наши эксперименты показывают, что прекращения ускоренного смыва можно достичь с помощью нанорельефа.

Последний раздел главы посвящен перигляциальным процессам как фактору денудации.

Из перигляциальных процессов рассмотрены вечная и сезонная мерзлота. Приводятся данные наблюдений за ходом температуры грунтов и показано, что вечная мерзлота для вулканических районов Армянской ССР не характерное явление. В развитии солифлюкционных процессов большое значение имеет сезонная мерзлота; в работе этот тип денудации описывается довольно подробно.

Из других перигляциальных процессов в высокогорьях выражены нивация, образование каменных колец, медальон-

ные почвы, морозобойные трещины и др. характеристика каждой из которых дана в работе.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ. ЭРОЗИОННАЯ РАБОТА РЕК

В этой главе рассмотрены слагающие твердого стока: химических стоков, сток взвешенных и влекомых наносов.

Химическая денудация на территории Армянской ССР до сих пор не изучена, и первая попытка ее исследования делается нами.

Речные воды Армянской ССР по классификации О. А. Алекина относятся к группам очень малой, малой и средней минерализации. Средняя минерализация колеблется от 57 мг/л (р. Варденис) до 640 мг/л (р. Севджур). В годовом ходе минерализации максимум наблюдается в августе, минимум—в период половодья—весной. Отношение годового максимума минерализации к минимуму немногим больше 3, в то же время, как отношение максимального расхода к минимальному исчисляется десятками и даже сотнями.

По вертикальной зональности минерализация речных вод меняется следующим образом: на Араратской равнине—200—500 мг/л; в среднегорном поясе—до 200 мг/л; в высокогорном поясе до 100 мг/л. В последнем поясе реки имеют почти одинаковую минерализацию по всему нагорью.

В химическом составе речных вод изучены семь основных ионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$, Cl^{-} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-}) а также Fe , NO_3 , NO_2 , P , Si .

Изученные нами воды по классификации Г. А. Максимовича принадлежат к гидрокарбонатной формации, она во всех 1400 случаях неизменна, но гидрохимические фации меняются как во времени, так и в пространстве. Преобладающей является гидрокарбонатно-кальциевая-сульфатная фация речных вод. Эти изменения иллюстрируются таблицами и графиками.

По длине реки соотношение компонентов меняется. Наибольшим колебаниям подвержены ионы $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$, Mg^{2+} , Cl^{-} , наименьшим— HCO_3^{-} .

По гидрохимическим фациям территорию Вулканического нагорья Армянской ССР разделяем на два основных пояса:

1. Пояс преобладания гидрокарбонатно-кальциевых-сульфатных вод (высокогорный и среднегорный пояса)

2. Пояс преобладания гидрокарбонатно-сульфатных-натриевых (или хлоридных) вод (Аралатская равнина).

В химическом стоке максимум наблюдается весной (хотя минерализация минимальна). Для получения химического стока рек в пределах только вулканических районов нами использованы два контролирующих друг друга метода: 1. подсчет стока по модулю химического стока на основании фактических данных в замыкающем створе; 2. подсчет по данным средней минерализации и среднего модуля жидкого стока по вертикальным поясам.

Результаты подсчетов химического стока по двум методам представляют следующую картину:

М е т о д ы	Модуль хим. стока т/км ²	Хим. сток в ионной форме тыс. т
Метод 1. хим. сток		
а) без вод забираемых на орошение	48	680
б) с водами забираемыми на орошение	69	898
Метод 2. хим сток		
а) без вод забираемых на орошение	50	649
б) с водами забираемыми на орошение.	62	808

Химический сток, высчитанный по первому методу, больше. Это объясняется тем, что при подсчете первым методом мы использовали фактический химический сток по р. Севджур, питающейся в основном подземными водами, бассейн питания которых находится за пределами изучаемой территории (Карсское плато).

В работе приводятся также данные химического стока по отдельным бассейнам.

Вопросы исследования химического стока осложняются тем, что часть воды рек забирается на орошение и более 400 тыс. тонн солей ежегодно поступает на поля с орошающей водой, из них 60—70 % составляют вековые запасы оз. Севан.

Далее приводятся количественные данные отдельных компонентов, ежегодно удаляемых из пределов нагорья.

По нашим подсчетам, годичный слой химической денудации составляет 20 микрон (в естественном состоянии) из которого за последние годы на поля поступает примерно 30 %. Приводятся данные химической денудации по отдельным речным бассейнам и вертикальным поясам. Наиболее интенсивная химическая денудация наблюдается в верхней части пояса нагорных степей и нижней части субальпийского пояса (22—24 микрон в год).

На территории Вулканического нагорья Армянской ССР химическая денудация в 2 раза превышает химическую денудацию всей суши, но в 3—4 раза уступает другим горным странам (Кавказ, Альпы и др.).

Взвешенными наносами Армянской ССР занимался Г. Н. Хмаладзе. Наши данные несколько отличаются от данных Г. Н. Хмаладзе в основном потому, что им использованы материалы наблюдений на сети гидрологических станций до 1957 года, между тем мы располагали данными до 1964 г. (всего 15 пунктов, ряд наблюдений—от 3 до 22 лет.

Реки Вулканического нагорья Армянской ССР отличаются небольшой мутностью. Среднегодовая мутность колеблется от 9 г/м³ (р. Воротан у с. Борисовка) до 270 г/м³ (р. Касах у Аштарака). В работе приведена таблица мутности всех рек, по которым имеются наблюдения. Реки высокогорий отличаются малой мутностью, в частности реки бассейна оз. Севан, верховья р. р. Воротан, Ахурян и др. Относительно большей мутностью выделяются р. р. Воротан, Ахурян, Касах в нижнем течении, а также пересыхающие летом реки предгорьев Араратской котловины. Средняя мутность рек достигает 90 г/м³, что в 27 раз меньше мутности р. Аракс у с. Кюбектала (Азербайджанская ССР)—2400 г/м³. В работе приводятся данные по годовому ходу мутности, и по длине реки.

Внутригодовое распределение стока взвешенных наносов представляет следующую картину: зимой—3,6 %; весной—69 %; летом—23,0 % осенью—4,4 %. Для вулканических районов модуль стока взвешенных наносов составляет в среднем 25 т/км² за год, что в 7 раз меньше модуля стока для Армян-

ского нагорья по данным р. Аракс у с. Кюбектала (180 т/км²). Модуль стока взвешенных наносов рек вулканических районов в 3 раза меньше невулканических. Нами подсчитан денудационный метр по взвешенным наносам, который равен 83 тыс. лет (сюда включены также наносы поступающие на поля с орошающей водой—60—80 тыс. т в год).

Слой годовичного стока по взвешенным наносам (13 микрон) можно сопоставить со стоком с Джунгарского Ала-Тау (15 микрон). На равнинных территориях, сложенных рыхлыми отложениями, взвешенные наносы в 4—6 раз превышают растворенные. В условиях вулканических районов Армянской ССР это соотношение меняется и химический сток превышает сток взвешенных наносов. Для изученной территории отношение $\frac{R_{\text{взвеш.}}}{R_{\text{хим.}}}$ равно 0,7 со стоком оросительных вод и 1,0 — без стока оросительных вод (т. е. фактически измеренный сток на станциях). Увеличение количества взвешенных наносов у равнинных рек мы связывали с массовым смещением со склонов рыхлых продуктов выветривания (дефлюкция) и с переходом части влекомых наносов в взвешенное состояние вследствие истирания валунов и галек.

Нами составлена карто-схема взвешенных наносов. Она несколько отличается от карты Г. Н. Хмаладзе тем, что при ее составлении учитывался ландшафтно-географический фактор.

Влекомые наносы рек Армянской ССР являются совершенно неизученной областью как гидрологии, так и геоморфологии Армянской ССР. Мы их принимаем 50 % от взвешенных. По мере удаления от истоков, количество влекомых наносов уменьшается ввиду того, что часть из них переходит во взвешенное состояние. При выходе рек из пределов нагорья соотношение влекомых и взвешенных наносов меняется настолько, что влекомые составляют не более 15—20 % от взвешенных.

Подытоживая данные по твердому стоку рек, мы даем сводную таблицу, которая имеет следующий вид:

Тип стока	Твердый сток в тыс. т.	модуль стока т/км ²	Годичный слой стока в микронах	Денудационный метр тыс. лет
Химический	650	50	20	50
Взвешенных наносов	400	31	13	83
Влекомых наносов	200	15	6	160
Итого	1250	96	39	26

Денудационный метр по твердому стоку рек на Вулканическом нагорье Армянской ССР охватывает примерно в 3 раза больше времени, чем в бассейне р. Аракс в целом. Дается сравнительная характеристика по твердому стоку рек Вулканического нагорья Армянской ССР и других горных стран. Вулканические районы Армянской ССР денудировались значительно медленнее, чем другие горные страны (Альпы, Кавказ и др.).

Специальный раздел диссертации отведен эрозионному расчленению. Нами составлены карто—схемы трех морфометрических элементов: густоты расчленения, глубины расчленения и уклонов.

Длина долинной сети в республике—13000 км, коэффициент густоты 0,44 км/км². Вулканические районы меньше расчленены, чем складчато-глыбовые, что связано с литологическим составом пород, длительностью процессов эрозии, неотектоническими движениями и др.

Глубина расчленения наиболее интенсивно выражена в складчато-глыбовых районах (до 1000 м и более). Вулканические районы расчленены менее глубоко. На межгорных озерных равнинах и молодых вулканических покровах глубина расчленения ничтожная.

Наибольшую площадь в республике занимают территории с уклоном 0—5° (28 %), затем—10—20° (25 %), 20—30° (20 %), 5—10° (16 %), 30° и более (11 %).

При увеличении густоты и глубины расчленения территории, одновременно увеличивается истинная поверхность релье-

ефа, что, помимо увеличения крутизны (как фактора денудации), является основным условием для определения интенсивности денудации. Мы подсчитали теоретические коэффициенты (K)—отношения площади истинной поверхности рельефа (S_1) к площади ее проекции (S) при различной глубине расчленения, принимая условно за коэффициент густоты расчленения 1 км/км^2 . Составляя подобные графики при различных значениях густоты расчленения, можно получить коэффициенты истинной площади и, помимо остальных факторов, определить числовые значения роли эрозионного расчленения в денудации.

В этом же разделе работы дается характеристика эрозионных форм рельефа: начальные эрозионные формы (овраги и борозды), V —образные ущелья, каньоны (четыре разновидности), широкие террасированные долины.

Исследование глубинной эрозии и террасообразования является одной из задач настоящей работы. Ему посвящен специальный раздел. Составлены продольные и поперечные профили р. р. Дзорагет-Дебед, Ахурян, Касах, Раздан, Арпа и Воротан, морфологический анализ которых обнаруживает очень характерную черту—ступенчатость ложа рек, что мы связываем с движениями дифференциального характера.

Наши исследования в области глубинной эрозии привели нас к выводу, что в условиях Армянской ССР относительная высота террас не может быть критерием для их корреляции, как это считает К. Н. Паффенгольц. В работе приводятся результаты наблюдений в бассейне оз. Севан, где за последние 30 лет уровень спущен на 16 м и где наиболее четко выражаются закономерности русловой эрозии и террасообразования.

В севанском бассейне после понижения уровня озера не все реки углубили свое ложе. Часть временных потоков образовала сухие дельты, следовательно, снижение базиса не всегда влечет за собой углубление ложа и образование террас, как это утверждает школа Дэвиса.

При комбинации глубинной и боковой эрозии часто возникают новые террасы, которые со временем размываются. Очевидно, что для образования террасы не обязателен полный

цикл речной эрозии. В рамках одного «цикла» может образоваться много террасовых уровней, вследствие меандрирования реки и изменения гидродинамических условий потока.

Наблюдения показали, что интенсивное боковое расширение долин связано с тем, что русло рек сложено грубообломочным галечным материалом, между тем как берега—из более мелкодисперсного песчано-глинистого материала, который легко поддается размыву.

При одинаковом понижении уровня озера глубина вреза у разных рек различна—от 1—2 м до 8 м. она зависит от целого комплекса факторов, гидрологического—в первую очередь. Такой факт приводит нас к выводу, что в междуречье р. р. Куры и Аракс в течение всего верхнеплиоцен—постплиоценного времени происходили вертикальные дифференциальные движения, и базисы эрозии рек были в динамическом состоянии, однако такого длительного периода тектонического покоя, когда все реки, отстающие по интенсивности врезания, достигали бы профиля равновесия не было. Отсюда вытекает, что террасы в разных частях нагорья не могли бы иметь одинаковую относительную высоту, если бы даже амплитуда тектонических движений была одинакова. Это тем более невероятно, если учесть дифференциальный характер движений земной коры.

Интенсивность регрессивной эрозии тесно связана с глубиной и зависит от характера грунтов. Наибольшая регрессивная эрозия наблюдается на р. Аргичи.

По концепции В. Дэвиса, изменение базиса эрозии должно отразиться на продольном профиле реки от устья до истоков. Наши наблюдения показывают, что такое положение представляет частный случай, но не является строгой общей закономерностью. Наличие местных базисов эрозии препятствует глубинной эрозии и понижение главного базиса не фиксируется в долине террасой выше местного базиса. В условиях Армянской ССР, где почти все реки имеют по несколько местных базисов, колебания главного базиса не могли оставить следа в среднем и верхнем течениях, следовательно, относительная высота террас не может быть критерием для их корреляции.

Определение возраста террас рек Армянской ССР и их корреляция должны быть произведены палеонтологическими, стратиграфическими, полинологическими и др. методами. Относительная высота террас может быть критерием для определения возраста их только в пределах участка долины между двумя местными базисами эрозии.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ. ОВРАЖНАЯ ЭРОЗИЯ, СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ, ИНФИЛЬТРАЦИОННАЯ ДЕНУДАЦИЯ

В поясах полупустыни и нагорных степей овраги являются одной из основных эрозионных форм рельефа. Овражная эрозия связана в основном с усилением воздействия антропогенного фактора.

Наибольшая густота овражной сети наблюдается на Вохчабердском хребте (в среднем $1-1,5 \text{ км/км}^2$), в Ленинанканской, Сисианской котловинах, в Горисском районе $0,5-0,8 \text{ км/км}^2$.

Селеобразование генетически связано с ливневыми дождями, т. е. с осадками весенне-летнего сезона.

Наиболее благоприятные условия для селеобразования имеются весной, когда почво-грунты увлажнены и коэффициент фильтрации минимален. В этот период ливневые дожди с количеством осадков в $20-25 \text{ мм}$ могут вызвать сель. В летний период для образования селей нужны ливневые осадки не менее $30-50 \text{ мм}$.

В вулканических районах сели развиты меньше, чем в складчато-глыбовых районах. Одним из селеопасных районов являются предгорья Араратской котловины. Данные о количестве селевых выносов весьма скудны и приближены. По приближенным подсчетам модуль селевого выноса мы принимаем $5-8$, максимум— 10 т/км^2 данные же А. А. Важнова (100 т/км^2) ничем не обоснованы.

Инфильтрационная денудация является одной из слабо изученных областей геоморфологии. Этот вопрос в Армянской ССР затрагивается нами впервые.

Инфильтрационным мы называем такой тип денудации, когда атмосферные (поверхностные) воды, инфильтруясь в

трещиноватые породы, уносят с собой вглубь мелкодисперсные частицы.

Экспериментальные данные показывают, что в чингилах атмосферная вода содержит больше взвешенных и растворенных веществ, чем питающиеся ими родниковые воды. В процессе медленной циркуляции подземных вод значительная часть взвешенных веществ коагулируется в трещинах и порах и со временем фильтрационные свойства лав ухудшаются и поверхностный сток увеличивается.

Из процессов внутренней денудации в вулканических районах Армянской ССР развита суффозия. Карстовые явления для вулканических районов не характерны.

По нашим подсчетам, модуль инфильтрационной денудации составляет не менее 10 т/км^2 в год, а в некоторых случаях даже несколько десятков тонн с 1 км^2 . В чингилах высокогорий инфильтрационная денудация является основным типом флювиальной денудации.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ. ЗНАЧЕНИЕ ЭОЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ И ЛЕДНИКОВОГО ВЫПАХИВАНИЯ В ДЕНУДАЦИИ

В этой главе рассматриваются как факторы денудации — эоловые процессы и ледниковое выпаживание.

Эоловые процессы в Армянской ССР изучены, весьма слабо.

Наибольшая интенсивность дефляции наблюдается в Арагатской, Ширакской и Сисианской котловинах во второй половине лета. Наряду с дефляцией происходит также аккумуляция продуктов выветривания воздушным путем. Ветровая аккумуляция играла основную роль в погребении исторических памятников.

По нашим экспериментальным данным химический состав пыли почти не отличается от химического состава верхнего слоя коры выветривания. В нашей работе приведены данные сопряженного химического и спектрального анализов пыли и суглинков. сказано, что геоморфологический аспект изучения эоловых процессов в Армянской ССР является одной из основных проблем геоморфологии.

Современное оледенение в пределах изучаемой территории ничтожно. Оледенения прошлых эпох имели большое значение в денудации. Для подсчета депрессии снеговой линии в период оледенения весьма важно определение высоты современной снеговой границы (высота нижней поверхности хионосферы). По нашему определению (геодезическим путем) на северном склоне Арарата она имеет высоту 4200 м. В Армянской ССР высота нижней поверхности хионосферы составляет 4200 ± 200 м в зависимости от экспозиции и количества влаги.

В морфологии рельефа Вулканического нагорья Армянской ССР отчетливо выражены следы последних двух оледенений. Есть предположение о мощном верхнеплейстоценовом оледенении. Депрессия снеговой линии в период последнего оледенения по нашим подсчетам была 1100—1200 м; предпоследнего—1300—1400 м. Составлена схема древнего оледенения. Количественные данные о ледниковом выпахивании получены с помощью подсчета объема ледниковых форм (цирков и трогов).

Объем ледниковой долины средней величины составляет 2—3 км³ (с вычетом первоначального объема эрозионных форм). В вулканических районах имеется не менее 30 ледниковых долин с суммарным объемом 70—100 км³. Такое количество материала было вынесено ледниками и эрозией рек (в межледниковое и послеледниковое время). Полагаем, что горно-долинными ледниками последнего оледенения ежегодно выносилось не менее 1 млн т моренного и флювиогляциального материала.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ. РАЗВИТИЕ СКЛОНОВ, КАРТА ДЕНУДАЦИИ

Модуль твердого стока рек не соответствует модулю перемещенных по склонам веществ. Отношение этих двух характеристик приобретает весьма важное значение в изучении формирования склонов и рельефа вообще. Оно может быть выражено в трех вариантах:

$$\frac{M_c}{M_p} = 1, \quad \frac{M_c}{M_p} > 1; \quad \frac{M_c}{M_p} < 1. \quad \text{где } M_c \text{ — модуль склонового}$$

сноса; M_p — модуль твердого стока рек. Форма склона в свою очередь является индикатором для определения соотношения между твердым стоком рек и склоновым сносом.

В разделе, посвященном развитию склонов, приводятся критические замечания по поводу теории развития склонов В. Пенка. Доказывается, что один тектонический фактор не может быть решающим в осуществлении глубинной эрозии. Параллельное отступление склонов не является универсальным явлением и представляет частный случай в эволюции склонов.

Мы приходим к выводу, что форма скульптурных склонов обуславливается отношением склонового сноса и твердого стока рек:

$$\frac{M_c}{M_p} = 1 \text{ — прямые склоны; } \frac{M_c}{M_p} > 1 \text{ — вогнутые склоны; } \frac{M_c}{M_p} < 1 \text{ —}$$

выпуклые склоны.

Затем нами критикуется положение Р. Хортона «о зоне отсутствия эрозии». Наши данные показывают, что в природе нет зон отсутствия эрозии. Это противоречит законам диалектики. Эксперименты подтверждают наличие на водоразделах «добавочной турбулентности», выдвинутой Н. И. Маккавеевым, имеющей огромное значение в денудации. Хортоном не учтены также воздействия эолового фактора и инфильтрационной денудации.

Далее рассматриваются поверхности выравнивания, как результат денудации и аккумуляции. Возраст основной подлаговой поверхности — акчагыльский и доакчагыльский. Сравнивая поверхности выравнивания Армянской ССР (по данным Н. В. Думитрашко) с нашими данными по продольному профилю рек, находим, что между ними имеется генетическая связь. Поверхности выравнивания и ступени в продольном профиле рек группируем по трем комплексам: 1. высокогорный (выше 2500 м); 2. среднегорный (1400—2500 м); 3. низкогорный (до 1400 м). Самое обширное по площади распространение имеет комплекс среднегорных поверхностей выравнивания.

В заключении раздела приводятся данные по соотношению неотектонических движений и денудации. В верхнем плиоцене (апшерон) и антропогене поднятие Вулканического нагорья Армянской ССР составляет в среднем 0,6—1 мм в год, а слой денудации 0,05 мм. Таким образом поднятие в 12—20 раз превышает денудацию. Все крупные формы рельефа созданы тектоникой. Не только плоскостная денудация, но и глубинная эрозия по темпам в 3—6 раз меньше поднятия территории.

Второй раздел главы посвящен карте денудации. Такая карта, где учитывается не только твердый сток рек, но и другие компоненты денудации, впервые составлена нами. В работе приводятся принципы ее составления, количественные характеристики суммарной денудации склонов.

Некоторые компоненты денудации (эоловый, гравитационный, инфильтрационный) пока не имеют достоверного количественного выражения. Для подсчета истинного модуля денудации склонов использованы данные твердого стока рек и объем коррелятных отложений, сумма которых дает 110—120 т/км². Если учесть также инфильтрационную денудацию, то модуль склоновой денудации можно принять для нагорья 125 т/км²; годичный слой денудации—50 микрон; денудационный метр—20 тыс. лет.

При составлении карты денудации за среднюю денудацию принята такая, при которой ежегодно с 1 км² площади денудируется 125 тонн твердых веществ (слой в 50 микрон). Для составления карты принята следующая градация денудации:

очень слабая	< 50 т/км ² (< 20 микрон)
слабая	50—100 т/км ² (20—40 микрон)
средняя	100—150 т/км ² (40—60 микрон)
сильная	150—300 т/км ² (60—120 микрон)
очень сильная	> 300 т/км ² (> 120 микрон)

Карта денудации двухслойная: фоновый слой выражает количество денудированного материала, второй, штриховой слой—преобладающие типы денудации.

Периодом интенсивного коррелятного осадконакопления явился верхний плиоцен и нижний постплиоцен. Вследствие тектонических движений и излияния лав были образованы огромные озерные водоемы, где накопились озерные отложения.

Коррелятные отложения мы подразделяем на следующие типы: эзерные, аллювиальные, пролювиальные, ледниковые, флювиогляциальные, делювиальные, золовые, органогенные. В работе дается описание каждого типа.

По мощности озерных отложений выделяются четыре котловины: Ленинанская, Араратская, Севанская и Сисианская. В верхнем плиоцене озерные котловины почти полностью поглощали денудированный с их бассейнов питания материал. Следовательно вынос материала по р. Аракс был крайне мал. После осушения крупных озер картина изменилась. Наличие валунно-галечного материала в озерных отложениях указывает на их частичный селевой генезис.

Аллювиальные отложения развиты во всех крупных долинах, но не имеют большой мощности, их гранулометрический состав меняется по длине реки.

Пролувиальные отложения распространены в конусах выноса селевых потоков. Наиболее детально изучен конус выноса р. Гедар, где пролувиальный галечный материал к югу выклинивается.

Ледниковые отложения распространены выше 2000 м, в трогах их мощность достигает нескольких десятков метров. В гранулометрическом составе наибольший процент составляют фракции размером в 1—0,05 мм. Глинистые фракции играют ничтожную роль.

Флювиогляциальные отложения распространены на высотах 1500—2000 м у подножий гор. Они имеют два горизонта, разделенные межледниковыми континентальными отложениями. Нижний горизонт имеет среднечетвертичный возраст.

Среди всех континентальных отложений делювиальные являются наименее изученными. Они больше всего содержат мелкодисперсных фракций. Приводятся данные по химическому, гранулометрическому и спектральному анализу делювиальных отложений.

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ. БОРЬБА ПРОТИВ УСКОРЕННОЙ ДЕНУДАЦИИ

За последние десятилетия как в нашей стране, так и в некоторых зарубежных странах разработан ряд методов борьбы против почвенной эрозии. Мероприятия по борьбе с эрозией почв в Армянской ССР нельзя считать удовлетворительными. В данной главе приводятся основные направления борьбы с селевыми потоками, склоновым смывом, почвенной эрозией.

Борьба против селевых явлений требует осуществления следующих мероприятий: крупномасштабная геоморфологическая съемка селеопасных бассейнов, многостороннее исследование факторов и причин селеобразования в каждом селевом бассейне, разработка мер против сосредоточения ливневых струек в селевом бассейне, уменьшение склонового стока, разработка мер против разрушительных сил, образующихся селевых паводков.

В бассейне оз. Севан в связи со спуском базиса эрозии глубинная эрозия принимает катастрофические формы. Исследование этих процессов и разработка мер борьбы против них является неотложной задачей.

Для борьбы против склонового смыва основное внимание следует сосредоточить на увеличение фильтрации талых вод. В этой части необходимо: 1. снегозадержание на склонах; 2. оттягивание (задержание) снеготаяния; 3. задержание талых вод. Для задержания талых вод предлагается создавать нанорельеф, перекрестное бороздование и др.

Можно достичь предотвращения усиленной эрозии умелой организацией использования земельного фонда. Все мероприятия можно разделить на следующие группы: а) организационно-хозяйственные; б) агротехнические; в) мелиоративно-технические; г) лесомелиоративные.

Весьма необходима паспортизация земельного фонда республики, проведение крупномасштабной съемки эродированности почв с типизацией процессов поверхностного смыва.

На территории Армянской ССР организация землепользования находится еще на низком уровне. В этой области до-

пускаются ошибки, агротехнические мероприятия неудовлетворительны.

Восстановить структуру почвы и повысить сопротивляемость почвы смыву можно травопольными севооборотами, удобрениями, известкованием, искусственными структурообразователями (применение гуминовых и полимерных препаратов, сухой крови млекопитающих и др.), созданием буферных полос.

Мелиоративно-технические и лесомелиоративные мероприятия в Армянской ССР далеко недостаточны. Лесомелиоративные работы в приереванском районе дают хорошие результаты в борьбе с денудацией. Следует проводить такие мероприятия и в других районах.

На основании всего изложенного материала в монографии сделан ряд общих выводов приводимых ниже.

По современным экзогенным процессам рельефообразования накоплен огромный фактический материал, однако обобщающих работ мало. Теоретическая разработка экзогенеза и геоморфологических аспектов его составляющих, представляет одну из центральных проблем геоморфологии.

Усиленное проявление геоморфологического процесса приводит к тому, что оно оказывает тормозящее воздействие на дальнейшую эволюцию рельефа. Так, например, интенсивное образование коры выветривания резко ослабляет дальнейший процесс выветривания коренных пород; наличие чехла чингидов препятствует дальнейшему чингилообразованию; аккумуляция валунно-галечного материала в русле реки после прохождения катастрофического селя затрудняет дальнейшую эрозионную деятельность реки и т. п. Эти обратные взаимосвязи имеют огромное значение в становлении рельефа и должны явиться объектами специального изучения геоморфологами.

В непрерывном движении масс земной коры явления выветривания и денудации следует рассматривать как процесс гипергенной дифференциации материи. В этом последнем особняком стоят химическое выветривание и химическая денудация, где дифференциация химических элементов наиболее совершенная. В процессе химической денудации совершается

величайший акт рассредоточения химических элементов и соединений. Отдельные компоненты химического состава породы удаляются друг от друга на тысячи километров, вступая в новые комбинации с другими элементами в процессе осадконакопления или в самом процессе движения.

Устойчивость горных пород в процессах выветривания нельзя рассматривать как нечто стандартное для всех зон и поясов. Одни и те же породы в различных ландшафтных условиях проявляют различные свойства сопротивляемости к выветриванию. Породы устойчивые к термическому выветриванию обычно неустойчивы к химическому выветриванию, так что устойчивость породы в целом понятие относительное.

Вопросы физической сущности выветривания до сих пор еще не разработаны с достаточной глубиной. Нет еще четких количественных характеристик термического выветривания горных пород. Ценные результаты в изучении петрофизических свойств горных пород и процессов выветривания должны дать применение ультразвука.

Роль химического выветривания в семиаридных областях освещена также недостаточно. Химическое выветривание имеет значительно больший удельный вес, чем представлялось до сих пор.

В процессе выветривания химический состав коры выветривания изменяется значительно меньше, чем минералогический состав. Химические элементы перегрупповываясь в новые кристаллические упаковки, проявляют совершенно отличные свойства в денудации и миграции элементов. Химические превращения, синтез новых минералов и их роль в денудации являются проблемами геоморфологического характера.

При наличии определенного петрографического состава горных пород, дифференциация и миграция химических элементов в процессе денудации имеют четко выраженные закономерности. Имея данные по химической денудации, можно составить представление о петрографическом характере мало изученной территории в пределах единой ландшафтно-географической зоны.

Недостаточно изучено пока значение органического вещества в эволюции рельефа. Здесь еще много неясных и спор-

ных вопросов. Весьма необходимым представляется обобщение обширного фактического материала по биологии и почвоведению с точки зрения геоморфологии.

Одной из неизученных проблем в геоморфологии горных стран является также взаимоотношение между массовыми гравитационными движениями и русловой эрозией. Было бы ошибочно рассматривать увеличение мутности реки по мере удаления ее от истоков как процесс интенсификации только эрозионной деятельности реки. При комплексно-географическом рассматривании вопроса весьма наглядно вырисовывается участие массовых движений продуктов выветривания на склонах в увеличении мутности рек.

До сих пор не исследованы также влекомые наносы в реках Армянской ССР, между тем в балансе денудации они имеют определенное значение. В этой области следует развернуть экспериментальные исследования. Соотношение взвешенных и влекомых наносов по длине реки является очень важным объектом исследований как гидрологии, так и геоморфологии республики.

Формы склонов могут быть критерием для определения соотношения склонового сноса и глубинной эрозии, т. к. этим соотношением обусловлен облик скульптурного рельефа. В процессе исторического развития рельефа соотношения могут изменяться, тогда возникают новые формы, характеризующие это соотношение.

В процессе дальнейших исследований в области геоморфологии должны быть углублены также вопросы террасообразования, корреляция террас с террасами Каспия, которые имеют теоретическое и практическое значение для стратиграфического расчленения четвертичных отложений.

Дальнейшие геоморфологические исследования процессов экзогенеза на территории Армянской ССР должны послужить успешной борьбе против ускоренной денудации.

Объем диссертации 504 страницы машинописи, она содержит 11 карто-схем, 46 графиков, 74 таблицы, 24 микрофотографии, 38 фотоснимков. В конце каждой главы даются выводы; список литературы содержит 640 названий.

Работа выполнена на кафедре физической географии Ереванского университета. За последние два года автор был переведен на должность старшего научного сотрудника и прикреплен к кафедре геоморфологии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, где получал соответствующие консультации (консультант проф. И. С. Щукин).

По теме диссертации опубликованы нижеследующие работы:

1. Следы древнего оледенения в северо-западной Армении. Природа, № 1, 1951.
2. Опыт исследования денудационных процессов в северо-западной Армении. «Тр. конференции по геоморфологии Закавказья» Баку, 1954.
3. К геоморфологии бассейна верхнего течения р. Ахурян. «Научные труды Ереванского Гос. ун-та» № 51, 1955.
4. О древнем оледенении Армении. Природа, № 9, 1955.
5. Степень геоморфологической изученности Армении и задачи дальнейшего изучения. «Тр. четвертой геоморфологической конференции» Ереван, 1957.
6. Об изучении склоновой денудации экспериментальным методом и некоторые его результаты. «Научн. тр. Ер. гос. ун-та» т. 58, 1956.
7. О корковых фульгуритах Армении. Изв. АН. Арм. ССР сер. геолого-географическая, № 3, 1957.
8. О густоте расчленения рельефа Армянской ССР. Изв. АН Арм. ССР, сер. геолого—географическая, № 3—4, 1960.
9. О чингилах Армянского нагорья. Природа, № 4, 1961.
10. О некоторых географических понятиях Армянского нагорья. Изв. АН Арм. ССР серия геолого-геогр. № 5, 1961.
11. К вопросу вечной мерзлоты в Армянской ССР. Изв. АН Арм. ССР серия геолого-географическая, № 2, 1962.
12. Краткий очерк гидроресурсов Армянской ССР. Изд. Общ. по распростр. полит. и научных знаний, Ереван, 1962.
13. История геоморфологических исследований Армянской ССР. «Геология Армянской ССР т. 1, геоморфология». Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1962.
14. Орография Армянской ССР. «Геология Армянской ССР, т. 1 геоморфология». Изд. АН Арм. ССР. Ереван, 1962.
15. Гидрографическая сеть и почвенно-растительный покров Армянской ССР. «Геология Армянской ССР, т. 1, геоморфология». Изд. АН Арм. ССР. Ереван, 1962 (совместно с А. Б. Багдасаряном).
16. Пять очерков по хребтам Малого Кавказа в 1 томе «Геология Армянской ССР» (Ширакских хребет, Базумский хребет, Ширакская котловина, Лорийская котловина, Сомхетские горы).

17. Подобласть Ахалкалакского вулканического нагорья (5 очерков) в 1 томе «Геология Армянской ССР».
18. Процессы выветривания и денудации Армянской ССР. В 1 томе «Геология Армянской ССР» (совместо с Л. Н. Зограбяном).
19. Процессы выветривания Вулканического нагорья Армянской ССР. Изд. Ер. гос. ун-та. Ереван, 1962.
20. Об уклонах рельефа Армянской ССР Изв. АН Арм. ССР, серия геолого-географическая, № 6 1962.
21. О денудации бассейна верхнего течения р. Ахурян. Уч. зап. Ер. ГУ т. 84, вып. 1, 1963.
22. О древнем оледенении Варденинского хребта, БМОИП отд. геол. № 5, 1963.
23. О биогенном образовании карбонатной корки на вулканических породах Армянской ССР. ДАН Арм. ССР т. 37, № 2, 1963 (совместно с А. П. Петросян).
24. Ливни Араратской котловины как фактор селеобразования. Изв. АН Арм. ССР, серия геолого-географич. № 1, 1964 (совместно с А. Г. Хачатрян).
25. О растворимости эффузивных пород Армянской ССР. ДАН Арм. ССР т. 39, № 2, 1964.
26. О химическом составе атмосферных вод Вулканического нагорья Армянской ССР. Вестник МГУ, серия география, № 5, 1964. (совместно с О. А. Бозояном).
27. Образование карбонатной коры выветривания в аридных климатических условиях. Мат. к совещанию по геохимии гипергенеза. Минск, 1964.
28. К химическому выветриванию эффузивных пород Вулканического нагорья Армянской ССР. Изв АН Арм. ССР, серия наука о Земле, № 2, 1965.
29. Некоторые результаты изучения химической денудации Вулканического нагорья Армянской ССР. ДАН Арм. ССР, т. 40, № 5, 1965.
30. К химическому выветриванию и миграции элементов Вулканического нагорья Армянской ССР. Уч. зап. Ер. ГУ, т. 85, вып. 1—2, 1965.
31. Твердый сток рек и денудация Вулканического нагорья Армянской ССР. Изв. АН Арм. ССР, серия наука о Земле, № 3—4, 1965.
32. Значение импัลверизации в образовании коры выветривания Армянской ССР. Вестник МГУ, серия география № 6, 1965 (в печати).
33. О биогенном образовании карбонатной коры выветривания Вулканического нагорья Армянской ССР. Изв. АН Арм. ССР сер. биологическая XVIII, № 7, 1965 ((совместно с А. Петросян и Ф. Матевосян).

ВФ 07309

Заказ 923

Тираж 220

Типография № 10 Главного управления полиграфич. промышленности.
Ереван, ул. Абовяна 52.

658