

ЕРЕВАНСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

АРАКАЕЛЯН АНАИДА ПОГОСОВНА

МЕХАНИЗМ ОПОЛЗНЕЙ, СВЯЗАННЫХ С СОЛЯНОЙ ТЕКТОНИКОЙ

(на примере оползней ущелья р. Раздан Армянской ССР)

(диссертация написана на русском языке)

Специальность 04.00.07- инженерная
геология, мегалотоведение и грунто-
ведение

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

ЕРЕВАН 1976

Губернаторский
акад. И. Г. Маркович

оr alegora

16.I.86

8)

ЕРЕВАНСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

АРАКЕЛЯН АНАИДА ПОГОСОВНА

МЕХАНИЗМ ОПОЛЗНЕЙ, СВЯЗАННЫХ С СОЛЯНОЙ ТЕКТОНИКОЙ

(на примере оползней ущелья р. Раздан Армянской ССР)
(диссертация написана на русском языке)

Специальность 04.00.07- инженерная
геология, мерзлотоведение и грунто-
ведение

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

ЕРЕВАН 1976



Ереванский ордена Трудового Красного Знамени государственный университет направляет Вам автореферат диссертации А.П.Аракеляна на тему: "Механизм оползней, связанных с соляной тектоникой (на примере оползней ущелья реки Раздан в Армянской ССР)", представленной на соискание ученой степени кандидата геологоминералогических наук.

Диссертационная работа выполнена при общественном аспирантуре РСИТО Армянской ССР и Лаборатории геомеханики Института геологических наук Академии наук Армянской ССР.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
Г.И.Тер-Степанян

Официальные оппоненты:

1. Доктор геолого-минералогических наук, профессор

Д.М.Сулейманов

2. Кандидат геолого-минералогических наук, доцент

П.С.Бошнагян

Ведущее предприятие - Управление геологии при Совете Министров Армянской ССР.

Автореферат разослан "16 " декабря " 1976 г.

Защита диссертации состоится "19" января " 1976 г.
на заседании Объединенного совета по присуждению ученых степеней
геологического и географического факультетов Университета.

С диссертацией можно ознакомиться в кабинете научных работников Университета.

Ваш отзыв на автореферат, заверенный учреждением, просим направить в двух экземплярах по адресу: 375049, г. Ереван, ул. Мравяна I,
Ереванский государственный университет.

Ученый секретарь Совета
Университета

Г.М.Мицакян

В В Е Д Е Н И Е

В ущелье р.Раздан известно множество оползней, что позволило выделить здесь отдельную оползневую область. Главнейшим элементом природных условий, способствующим развитию оползней в этой области, является соляная тектоника, осложненная сейсмической и вулканической деятельностью; формы соляной тектоники и сейсмической деятельности погребены по области в целом под мощным покровом лав или обнажаются местами в ущелье реки в результате эрозии.

Естественно, в пределах этой области действуют специфические закономерности образования и пространственного размещения оползней, отличные от условий их существования в обычной геолого-структурной обстановке. Поэтому изучение механизма образования оползней, связанных с соляной тектоникой, представляло большой интерес как с научной, так и с практической стороны. Между тем, условия образования этих оползней были изучены недостаточно. Изучение оползней этой области проводилось главным образом в связи со строительством Севано-Разданского каскада.

Автор с 1962 по 1970 год занималась изучением механизма образования оползней участка строительства Ереванской ГЭС и курорта Арзни на реке Раздан.

В основу диссертации положены материалы автора по изучению геолого-структурных, геоморфологических условий и оползневых явлений на участках Ереванской ГЭС и курорта Арзни. Автор использовала также имеющийся фактический материал других организаций, работавших на исследованных участках.

В связи с тем, что оползни на изученных участках развиваются в сложной природной обстановке, анализ устойчивости оползневых склонов выполняется на основе изучения естественно-исторических условий их формирования.

В работе защищается следующее положение: современное состояние склонов зависит не только от наблюдаемых в настоящее время природных условий, но и от тех явлений, которые были в прошлом. Для выяснения поведения склонов необходимо установить связь между историей развития рельефа и современными оползневыми явлениями.

Методика исследования: на основании очень детального изучения разнообразных геологических данных восстановить возможно подробно историю развития рельефа и в частности историю напряженного состояния и деформирования горных пород. Затем в свете

полученных знаний проанализировать современные оползневые процессы и увязать их особенности с установленными этапами развития рельефа.

В направлении естественно-исторического изучения грунтов и горных пород в нашей стране были проведены серьезные исследования, результаты которых помогли проанализировать природную обстановку. Крупнейшие русские и советские геологи А.Д. Архангельский, Е.П. Емельянова, Г.С. Золотарев, Н.В. Коломенский, Ф.В. Котлов, В.Д. Ломтадзе, И.В. Мушкетов, А.П. Павлов, И.В. Попов, В.А. Приклонский, Ф.П. Саваренский, М.В. Чуриков и другие заложили основы и сформировали многие принципиальные положения естественно-исторического изучения оползней.

За последнее десятилетие выявилась важная роль выводов механики грунтов для понимания оползневых процессов. Работы А.В. Бишопа, Л. Бъеррума, Н.М. Герсеванова, М.Н. Гольдштейна, Н.Я. Денисова, А. Казагранде, Н.Н. Маслова, А.В. Скемptona, Г.И. Тер-Степаняна, К. Терцаги, В.А. Флорина, Н.Я. Цытовича, Г.М. Шахунянца позволили привлечь данные о механических свойствах грунтов к анализу оползневых явлений.

Большой интерес представляет возможность применения выводов реологии грунтов к интерпретации оползневых явлений; в этой связи должны быть упомянуты работы С.С. Валова, Ю.К. Зарецкого, С.Р. Месчяна, Д. Митчела, Г.И., Тер-Степаняна, З.Г. Тер-Мартirosyan и других.

Наконец, в настоящей работе в надлежащей мере были учтены и региональные данные о геологическом строении Армении. Большое значение имели исследования в этом направлении А.Т. Асланяна, В.А. Аветисяна, А.А. Адамян, С.К. Аразумянна, С.П. Бельяна, П.С. Башнагяна, А.А. Габриеляна, А.П. Демехина, Е.Е. Милановского, К.Н. Паффенгольца и других.

Диссертационная работа содержит III страниц основного машинописного текста, 4 текстовых приложений на 43 страницах, 9 таблиц и 60 графических приложений; она состоит из введения, 8 глав и выводов. Для удобства чтения диссертация разделена на две части, представленные в двух томах. Основной том I содержит текст диссертации, список использованной печатной литературы и наиболее важный иллюстративный материал (28 рисунков и чертежей, в том числе цветные: геологическая карта киренских пород Арабкирской излучины и четыре профиля); дополнительный том II содержит

остальную часть графического материала, текстовые приложения и таблицы, прилагаемые к диссертации для подтверждения высказанных положений.

При выполнении работы автор получала постоянную научную консультацию у заведующего Лабораторией геомеханики, научного руководителя диссертации доктора технических наук, профессора Г.И. Тер-Степаняна, за что приносит глубокую благодарность. Автор выражает признательность работникам Института геологических наук А.А. Адамян, С.А. Бубикян и Н.А. Саакян за помощь в работе.

Глава I. МОРФОЛОГИЯ

Ущелье р.Раздан располагается в средней части обширного лавового плато, простирающегося между Гегамским и Арагацким вулканическими нагорьями. Часть этого плато, расположенная к востоку от ущелья, называется Канакерским, а другая часть, находящаяся к западу от него - Егвардским плато. В пределах города Еревана ущелье р.Раздан образует Арабкирскую излучину. В Арабкирской излучине и в расположеннем к северу от Еревана курорте Арзни ущелье заложено в лавах и подстилающей интенсивно дислоцированной осадочной толще. Оно отличается асимметричным строением по-перечных профилей, вырежающимся в разной высоте, крутизне, ширине и различном геологическом строении склонов. Более высоким склоном является левый, низкий - правый; части склонов, сложенные лавами, представляют собой отвесные обрывы с узкими структурными террасами на контактах различных потоков лав. На участках выходов осадочных пород крутизна склонов резко падает; здесь развит преимущественно оползневой рельеф.

Глава II. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ

С целью удовлетворения различных хозяйственных нужд в ущелье р.Раздан были проведены различной деятельности геологические, гидрогеологические и инженерно-геологические исследования. Геологическое строение района, выявленное этими исследователями, оказалось очень сложным. Было высказано предположение о наличии соляной тектоники (А.Е. Амроян) и приведены данные, подтверждающие ее роль в образовании некоторых форм рельефа. Однако сделанные геологические построения практически не отражали соля-

ную тектонику, почему она и не учитывалась при решении различных хозяйственных задач. При обработке материалов большинство исследователей до 1960 г. не принимало концепции соляной тектоники и все процессы сводило к чередованию осадкоакопления в морских и озерных условиях, складкообразованию, эрозии и излиянию лав в миоцен-плиоцен-четвертичное время.

Оставались необъясненными причины асимметрии бортов ущелья р. Раздан и сильной дислоцированности сарматских глин и наличия многочисленных тектонических трещин, зон смятия, крупных блоков сильно загипсованных глин, внедренных в лишенную гипса глинистую перемятую массу и плоскостей скольжения в этих глинах. Естественно, практические выводы, сделанные на основе недостаточных геологических представлений, оказались в ряде случаев несостоительными. Так, в 1959 г. при строительстве Ереванской ГЭС на Арабкирской излучине р. Раздан произошли оползни и обвалы, которые привлекли к себе внимание и потребовали дополнительного изучения. Исследование причин образования оползней позволило Г.И. Тер-Степаняну показать в своем экспертном заключении наличие соляной тектоники и ее роль в формировании ущелья р. Раздан. Анализ имеющегося геологического материала, проведенный в связи с экспертизой, показал, что формирование геологической и инженерно-геологической обстановки в районе находится под сильным воздействием движений, вызванных развитием соляных куполов. Было показано, что ущелье р. Раздан на Арабкирской излучине располагается на границе двух зон, характеризующихся вертикальными движениями противоположного знака: поднимающегося левого и опускающегося правого берега; этим объясняется асимметрическое строение бортов ущелья.

Позже (1962 г.) указание о развитии соляной тектоники и ее роли в формировании геологических условий в Ереванском соленосном бассейне было сделано в статье А.А. Габриеляна и С.К. Арзуманяна.

Исследования, проведенные автором в 1961-1963 г.г. с целью выяснения механизма оползней на Арабкирской излучине, полностью подтвердили выводы экспертного заключения Г.И. Тер-Степаняна в отношении соляной тектоники и выявили ее роль в механизме образования оползней в ущелье р. Раздан.

Работы установили своеобразный характер этой тектоники, обусловленной ролью излияния мощных потоков лав в плиоценовое время.

В основу геологических построений по Арабкирской излучине был положен фактический материал изысканий АрмГИДЭПа для строительства Ереванской ГЭС, разведочных работ Армгеолуправления на соль и натурных наблюдений автора, проведенных по строительным выработкам гидростанции (портальной части деривационного тоннеля, дренажной штольни, водосборного лотка и др.). Использованы разрезы свыше 100 буровых скважин, более 150 шурfov, канав и шахт, для большинства которых имелись весьма детальное описание пород и результаты лабораторных петрографических, минералогических, микрофаунистических, палинологических и других анализов.

По арзийскому участку геологические построения сделаны по данным бурения скважин с целью изучения оползней, описания обнаружений и результатам лабораторных исследований, проведенных под руководством автора или непосредственно автором. Использованы также разрезы около 100 скважин, заложенных для изучения и эксплуатации минеральных вод Арзни, различного вида строительства на курорте и разведки полезных ископаемых в районе курорта.

Глава III. СТРАТИГРАФИЯ

Исследованные участки располагаются в пределах крупного соленосного бассейна, образовавшегося в миоцене. Большая часть соленосного бассейна является ареной соляной тектоники; здесь выделяются крупные солянокупольные поднятия, в том числе Арзийское и Арабкирское.

В геологических разрезах Ереванского и Арзийского участков выделяются две свиты: нижняя, представленная осадочными породами верхнего миоцена и верхняя -эчуизивными образованиями и озерно-речными отложениями плиоцена-четвертичного возраста.

Для возможности установления условий залегания пород и выявления роли этих условий в механизме образования оползней на Ереванском участке проведено детальное расчленение осадочной свиты. Для сопоставления разрезов, расчленения и выделения слоев был принят во внимание следующий комплекс признаков: 1) литологический тип пород; 2) окраска пород; 3) содержание и форма нахождения гипса; 4) степень нарушенности естественной структуры породы; 5) минералогический состав легкой и тяжелой фракции песчано-пылеватых частиц; 6) петрографический состав и возраст обломочных включений; 7) микрофаунистическая и палинологическая

характеристика пород.

По совокупности всех изученных литологических особенностей пород, разрез осадочной свиты на ереванском участке расченен на 13 слоев пород средне-верхнесарматского и верхнеплиоценового возрастов.

Стратиграфически самым нижним из встречающихся типов пород является соленосная толща (слой 1). Выше вскрываются гипсонасные породы с характерной для них комковатой текстурой. Они отчетливо делятся на три слоя: слой 2 - пирит-целестиновый, слой 3 - целестиновый без фауны и слой 4 - пиритовый. Над ними располагаются слоистые, фаунистически охарактеризованные породы: слой 5 - целестиновый с фауной, слой 6 - загипсованных глин без фауны, слой 7 - лимонит - рудноминеральный, слой 8 - лимонит - авгитовый и слой 9 - лимонит - магнетитовый^{x)}. Породы слоев 7,8 и 9 характеризуются верхнесарматской фауной.

На размытой поверхности верхнесарматских пород залегает осадочная толща верхнего плиоцена (верхний акчагыл?). Они представлены морскими отложениями, которые делятся на следующие слои: слой 10 - базальный, слой 11 - лимонит - роговообманско-ый, слой 12 - загипсованных глин с переотложенной фауной и слой 13 - глин с включением обломков вулканогенных пород.

На арзийском участке разрез обнаженной части осадочной свиты слагают слоистые песчано-глинисто-мергельно-известняковые породы верхнесарматского возраста; здесь разделение на слои не было произведено, поскольку имелась структурная карта района.

Осадочная толща ереванского и арзийского участков покрыта эфузивными и подчиненными им озерными и речными отложениями. Свита эфузивных пород по структурным особенностям лав, минералогическому составу породированных выделений и количеству породообразующих минералов расчленяется на ряд покровов и потоков, занимающих различное стратиграфическое положение (Адамян, 1961). В разрезе эфузивной свиты выделяются образования плиоценового и четвертичного возрастов. Разрез плиоценовых лав снизу вверх слагают: гиперстеновые андезито-базальты, нижние долеритовые базальты, нижние оливиновые андезито-базальты и верхние долери-

x) Приведенные минералогические характеристики слоев представляют собой принятую в диссертации рабочую номенклатуру.

товые базальты. К четвертичным лавам относятся оливиновые андезито-базальты и андезито-базальтовые лавы последнего потока. Лавы разделены горизонтами речных и озерных отложений.

Глава IV. ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ ПОРОД

По особенностям залегания в пределах ереванского и арзнийского участков выделяются 13 комплексов слоев. Главные структурные особенности комплексов иллюстрируются картами и разрезами. На арзийском участке осадочная свита дислоцирована в крупное Арзийское солянокупольное поднятие и смежное с юго-восточным крылом глубокое понижение. У примыкания этих двух форм, на высоком склоне поднятия в нижнем и верхнем плиоцене образовались крупные оползни с дугообразными стенками отрыва. Часть свода и юго-восточного крыла поднятия обнажаются в ущелье р. Раздан.

На ереванском участке осадочная свита образует четыре небольших купола второго порядка (А, Б, В и Г), осложняющих западное крыло крупного Арабкирского солянокупольного поднятия. Характерной особенностью залегания надсоленосной осадочной свиты является увеличение ее мощности в сводах и уменьшение над мульдами понижений (на арзийском участке в своде 650 м, а над мульдой 330 м; на ереванском участке в куполе А над сводом 150 м, а в соседней мульде 38 м).

На ереванском участке куполы второго порядка А, Б и В окаймляют Арабкирское поднятие с западной стороны и протягиваются вдоль левого берега р. Раздан. Соответственно они характеризуются низкими и пологими восточными и высокими крутыми западными крыльями. К западным крыльям куполов примыкают соответствующие понижения, располагающиеся вдоль правого берега р. Раздан. На высоких западных крыльях куполов в верхнем плиоцене образовались оползни с дугообразными стенками отрыва. Купол Г, зажатый между Арабкирским поднятием и периферическими куполами Б и В, имел низкие, пологие склоны и поэтому оползней на них не происходило, а в сводовой его части развились трещины с концентрической и радиальной ориентацией (рис. I); концентрические трещины способствуют развитию современных оползней на размываемых крыльях купола.

С Арзийским поднятием и куполами второго порядка ереванского участка, с осложняющими их оползнями, генетически связана

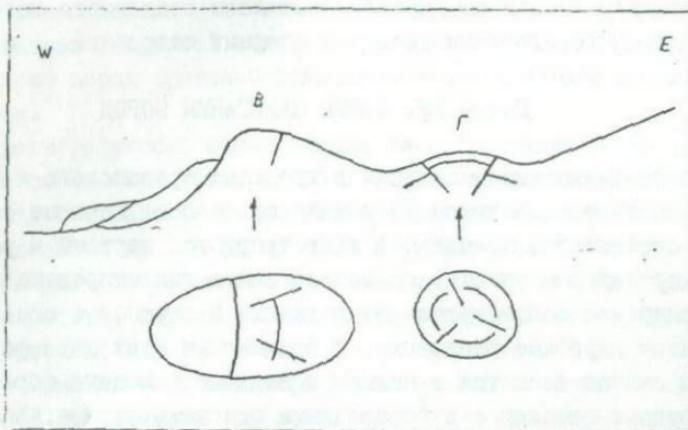


Рис. I. Схема развития трещин в куполах. Открытый купол В: развиваются параллельные склону трещины, по которым позже происходит оползание. Зажатый купол Г: развиваются радиальные и концентрические трещины, по которым позже происходит опускание свода.

сильная трещиноватость покрывающих лав в зонах, расположенных у бровок погребенных оползней и в контактной зоне между поднимающимися участками над сводами куполов и опускающимися участками над межкупольными понижениями. К этим участкам в дальнейшем была приурочена эрозионная деятельность р. Раздан.

Различие в степени трещиноватости лав хорошо изучено на ереванском участке. Изменение трещиноватости лав в результате вздымания куполов и опускания над понижениями иллюстрируется плавным падением коэффициента фильтрации лав от купола В в сторону примыкающего к нему понижения (рис. 2). Степень трещиноватости лав над бровкой погребенного оползня, осложняющего купол В, отражается удельным расходом цементационного раствора на устройство противофильтрационной завесы (рис. 3); отмечается максимальный расход на линии бортовых трещин погребенного оползня. Отсюда вывод о продолжающемся развитии бортовых трещин погребенных оползней и после излияния лав.

Характерные изменения наблюдаются также в осадочной толще, оказавшейся под лавовым покровом. Над куполами и понижениями обнажается слой сильно обожженных пород осадочной толщи кирпично-красного цвета с вертикальной мелкостолбчатой отдельностью, мощностью до 0,5 м.

Другая картина наблюдается в контактной зоне между участками поднятий и опусканий; здесь монность обожженных пород дос-

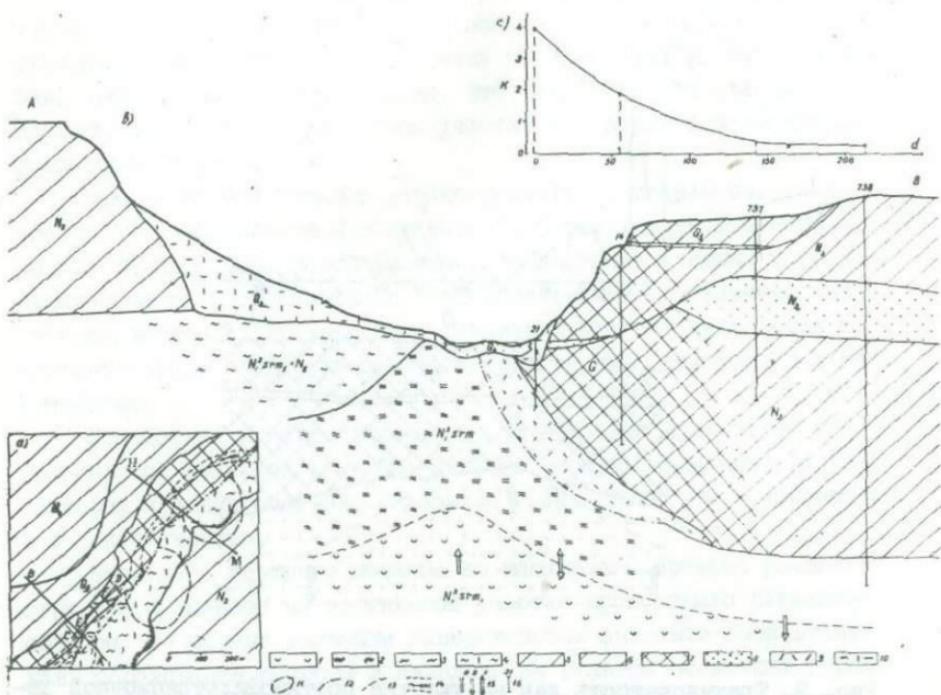


Рис.2. а) Схематическая геологическая карта ереванского участка;
б) Схематический геологический разрез по линии АВ; в) Зависимость между коэффициентом фильтрации (K) в м/сутки и расстоянием (d) в м от правобережного уреза реки к западу; 1 - соленосная толща; 2 - дислоцированная глинососная толща; 3 - слоистая песчано-глинистая толща; 4 - нерасщепленная осадочная толща; 5 - андезито-базальты в области поднятия; 6 - андезито-базальты в области понижения; 7 - андезито-базальты контактной зоны дробления (G); 8 - озерные и речные отложения; 9 - тело верхнеплиоценового оползня; 10 - делювиально-коллювиальные накопления; 11 - контур купола в сечении кровли гипсонасной толщи на уровне реки; 12 - линия стенки отрыва верхнеплиоценового оползня; 13 - кровля соленосной толщи; 14 - р.Раздан; 15 - направление движений; 16 - скважина и ее номер.

тигает 3-5 м, характерно наличие зеркал скольжения. Контактная зона явилась областью, в которой происходило движение пород в силу развивающейся глинистой тектоники, поэтому интенсивному обжиганию подверглись короды сравнительно большой мощности; прямым доказательством продолжающегося движения уже обожженных пород являются зеркала скольжения.

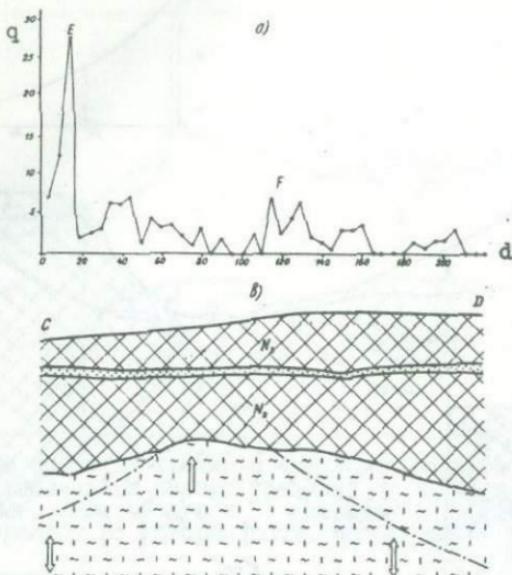


Рис. 3. Трещиноватость лав на участке противофильтрационной завесы; а) График удельного расхода цемента на устройство завесы; q - удельный расход цемента в кг на 1 кв.метр завесы; d - расстояние в метрах; Е и F - участки максимальных расходов, б) Схематический геологический разрез по линии CD (см.карту рис.2). Условные обозначения даны на рис.2.

Глава У. ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И РЕЛЬЕФА

За время, протекшее со среднего миоцена, исследованный район имел сложную геологическую историю. Ее главнейшими этапами являются погружение и седиментация в среднем и верхнем сармате; поднятие и размыв в конце верхнего сармата; соляная тектоника, начавшаяся в конце сармата и продолжающаяся до настоящего времени; поднятие и размыв в нижнем плиоцене; пенепленизация и погружение в конце среднего плиоцена; седиментация в начале верхнего плиоцена; сильное поднятие и денудация в верхнем плиоцене. Периоды поднятий сопровождались усилением вулканической деятельности, сильными землетрясениями, оползанием склонов, излиянием лав. Следы оползневой деятельности в большинстве случаев не сох-

ранились, так как коллювиальный материал сносился в процессе последующего развития рельефа. Они сохранились только в тех немногих случаях, когда немедленно вслед за катастрафическим обрушением склонов оползни заливались потоками лав и, таким образом, происходила их консервация. Это имело место в нижнем и верхнем плиоцене на арзнийском участке и в верхнем плиоцене на ереванском участке.

Каждый из этих этапов характеризуется определенной геологической и геомеханической обстановкой. В результате возникло несколько типов горных пород (каменная соль, глины и лавы) с резко различными петрографическими, литологическими и механическими характеристиками, претерпевших различную историю напряжений и, соответственно, обнаруживающих различного вида деформации и перемещения.

Соленосная и надсоленосная толщи образуют Арзнийское и Арабкирское поднятия и купола второго порядка, для которых характерны крупные оползни, связанные с вулканической и сейсмической деятельностью.

Начиная с верхнего миоцена до настоящего времени развитие структур и рельефа на арзнийском участке происходило следующим образом: 1) мощные излияния гиперстеновых андезито-базальтовых лав, образование покрова и нивелировка рельефа осадочных пород в нижнем-среднем плиоцене; 2) возникновение мульды над понижением у юго-восточного крыла Арзнийского поднятия, установление речных условий и образование аллювиальных отложений; 3) излияние лав, образование потоков ниже участка, возникновение запруды на участке, установление озерных условий и отложение диатомитовых пород; 4) размыв запруды и установление речных условий при местном понижении базиса эрозии и вследствие этого преимущественное развитие донной эрозии (местное понижение рельефа); 5) вулканическая и сейсмическая деятельность в верхнем плиоцене, образование оползня на размытом юго-восточном крыле Арзнийского поднятия, осложненном оползнем нижнеплиоценового времени; 6) мощные излияния нижних долеритовых базальтов, образование потока и нивелировка эрозионного рельефа осадочных пород и гиперстеновых андезито-базальтов; 7) речная эрозия, сменяющаяся озерными условиями, вызванными запруживанием лавами ниже участка, образование речных и озерных (диатомитов) отложений; 8) размыв запруды и установление речных условий при местном понижении базиса эрозии и вследствие этого преимущественное развитие донной эрозии, образование аллю-

вияльных отложений.

Указанные этапы на арзийском участке возникли также после излияния нижних оливиновых андезито-базальтовых лав, верхних долеритовых базальтовых лав, нижнечетвертичных оливиновых андезито-базальтовых лав и среднечетвертичных андезито-базальтовых лав последнего потока.

На ереванском участке было три таких этапа. Здесь современный рельеф начал формироваться после излияния нижних долеритовых базальтовых лав, образовавших сплошной покров и нивелировавших эрозионно-тектонический рельеф осадочных пород.

Можно полагать, что местность непосредственно перед излиянием лав представляла собой холмистую равнину с рядом возвышенностей, соответствующих куполам второго порядка. Эти возвышенностии имели пологое (порядка 5° , восточные и более крутые ($15-20^{\circ}$) западные крылья. К западным крыльям возвышенностей примыкали соответствующие понижения.

Начало интенсивной вулканической деятельности в верхнем плиоцене сопровождалось мощными землетрясениями. Эпицентральная область этих землетрясений располагалась к северо-востоку, в районе Гегамского хребта. Здесь развились широкие трещины, имевшие преимущественно субмеридиональное и северо-восточное простирание; через них произошло излияние лав. Под действием сейсмических толчков образовались крупные оползни-обвалы на крутых западных склонах куполов А, Б, В. Оползни произошли по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения.

Вслед за развитием сейсмической деятельности в Гегамском хребте начались трещинные излияния долеритовых лав, которые стали спускаться к юго-западу. Лавы в виде нескольких потоков покрывали сплошным покровом прилегающий эрозионно-тектонический рельеф. В результате образовалось обширное Канакер-Егвардское лавовое плато, имевшее почти плоскую, наклоненную к юго-западу поверхность (угол около 5°).

К тому времени, когда первые потоки лав подошли к ереванскому участку, уже закончилось образование описанных оползней-обвалов. Лавы погребли под собой оползневые тела и консервировали оползневые формы рельефа. Подтверждением этой консервации служит сохранение высоких и крутых стенок отрыва в верхних частях оползней.

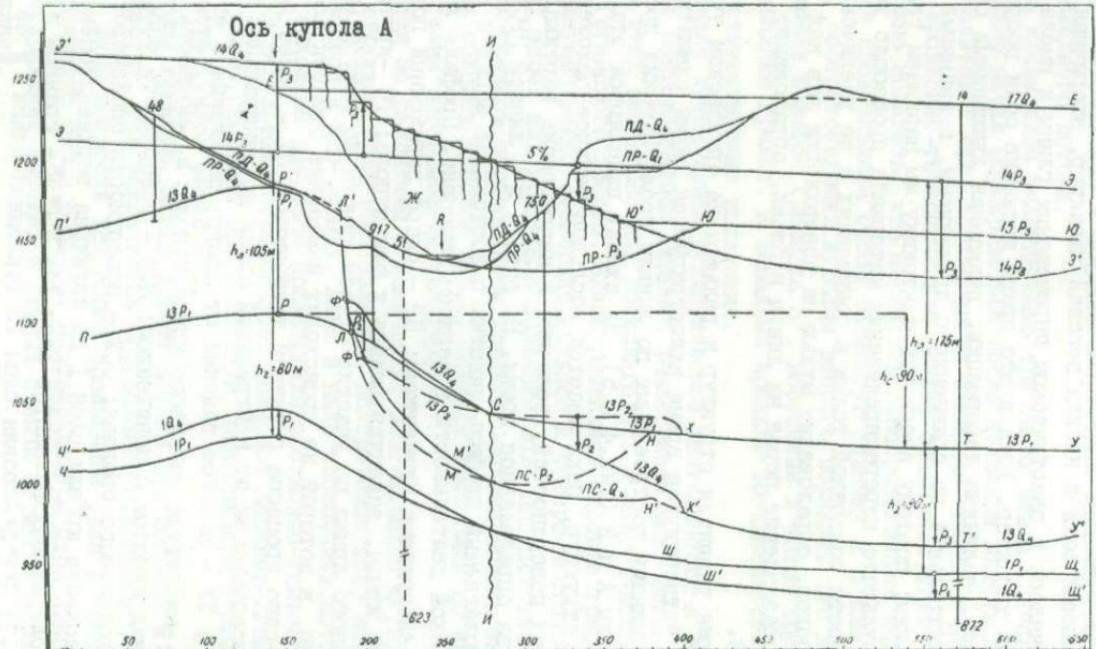
После излияния лав оказалось, что нагрузка на подстилающие породы в понижениях была значительно больше, чем в купольных час-

тях. В результате разности давлений возникла вторичная тектоника. В отличие от первичной тектоники, которая вызывалась пластическими движениями соли и носила вековой характер, вторичная тектоника заключалась в пластическом перемещении глины и имела кратковременный характер. Хотя в это время движение соли по прежнему продолжалось, величина деформации, вызванная движениями соли, была незначительная по сравнению с движениями, вызванными движениями глины; поэтому вторичную тектонику мы называем глиняной.

В результате перераспределения материала произошло уменьшение мощности осадочной толщи в понижениях и ее увеличение в сводах куполов, образование мульд на поверхности лав над понижениями и разделение пород на линзы и блоки, образование зеркал скольжения.

История развития структур и рельефа на ереванском участке в плиоцен-четвертичное время иллюстрируется двумя схематическими поперечниками, построенными по линиям геологических профилей через куполы А и В (рис. 4 и 5). На схемах выделяются этапы формирования структур, показывается последовательное положение структурных поверхностей, величина и направление вертикальных движений за определенное время. На рис. 4 и 5 линией ПРСТУ показан предполагаемый профиль участка с востока на запад к началу вулканической деятельности в верхнем плиоцене. Профиль характеризуется следующими элементами: ПР - слабо выраженный подъем восточного крыла, заканчивающийся у оси купола; РС - крутое падение западного крыла на участке от оси купола до нейтральной линии (линии, в которой не происходит изменение отметок слоев в течение всего процесса глиняной тектоники); СТ - более пологое падение поверхности от нейтральной линии до центральной части понижения; ТУ - пологое падение от центра понижения к его периферии; h_c - амплитуда западного крыла купола; h_d - мощность лав слоя I4 над куполом и понижением; ЛМН - поверхность скольжения верхнеплиоценового оползня; ФХ - поверхность оползневого тела; ЧЩЩ - положение кровли слоя I до излияния верхнеплиоценовых нижних долеритовых базальтов слоя I4; ЧЩЩ - граница между слоями I и 2+3; ПРЛ - кровля слоя I3 (сплошная линия) и ее продолжение в воздухе (точечный пунктир); ЛМН - деформированная поверхность скольжения; ФСХ - деформированная поверхность оползня, на которую налегли лавы слоя I4.

Точки, обозначенные буквами Л, М, Н... показывают изменен-



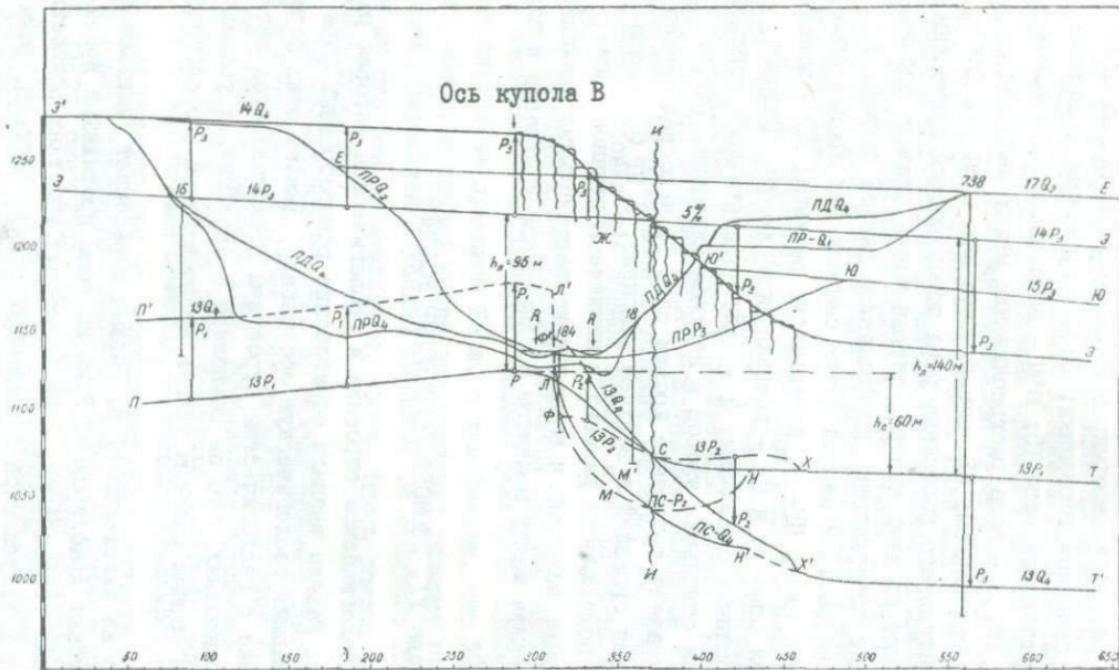


Рис. 5. Схема развития структур по геологическому разрезу АВ через купол В.
Положение разреза показано на рис. 2.

ное положение точек Л, М, Н.... в результате глиняной и соляной тектоники со времени излияния лав, ЭЭ - поверхность нивелирования лавами слоя I4; Э'Э"-деформированная поверхность лав слоя I4 в результате глиняной тектоники; ЮЮ - современное положение кровли озерных отложений слоя I5; Ю'Ю - восстановленное положение кровли слоя I5; Ж - зона растрескивания между сводовой частью купола и понижением; ЕЕ - поверхность лав слоя I7. Для показа последовательного положения ряда поверхностей применены символы, состоящие из двух частей: первая часть символа обозначает наименование поверхности, изображаемой данной линией, а вторая часть - возраст. В первой части символа для кровли слоя указывается номер слоя; ПР - поверхность размыва; ПС - поверхность скольжения оползня и ПД - дневная поверхность. Возраст обозначается обычными символами: Q - для четвертичного периода и Р_I до Р₅ - для отдельных этапов в верхнем плиоцене. Так, например, I4Р₂ означает положение кровли слоя I4 непосредственно после образования оползней в верхнем плиоцене, а ПР Q₁ - означает положение поверхности размыва в нижнечетвертичное время. Стрелки изображают величину и направление вертикальных движений за время, протекшее между моментом обозначенным у стрелки и настоящим временем.

Глава VI. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Сложное геологическое строение и геологическая история развития долины р. Раздан вызвали образование разнообразных форм рельефа, отражающих геологическую обстановку. Анализ этих форм рельефа в увязке с геологическим строением представляется интересным в том отношении, что он позволяет в аналогичных условиях по наблюдаемым формам рельефа делать предположения о геологическом строении.

Как видно из изложенного, р. Раздан пересекает Арзнийское поднятие и огибает Арабкирское. Река на всем протяжении врезывается в лавовые образования, а на некоторых участках полностью прорезывает их и углубляется в осадочную толщу. Наконец, река проходит вблизи и местами размывает небольшие купола второго порядка (ереванский участок). Таким образом, имеется большое количество переменных факторов, сочетание которых определяет облик долины на разных ее участках. Сделанные геоморфологические наблюдения позволяют следующим образом охарактеризовать ука-

занные разнообразные сочетания природных условий и интерпретировать их совокупный морфологический эффект.

На арзнийском участке р. Раздан прорезает юго-западное окончание аллигитического в плане Арзнийского поднятия под углом около 45° к его оси, протекая примерно вкrest падения юго-восточного крыла. Поэтому на правом берегу ущелья слои падают к реке, а на левом борту — от реки. Лавы при этом оказались прорезанными полностью. В результате возникла асимметричная долина с пологим правым и более крутым левым склонами в пределах осадочных пород и отвесными карнизами, сложенными эфузивными образованиями.

Ниже по течению, в районе месторождения минеральных вод Арзни, река отклоняется влево и течет вдоль пограничной полосы между поднятием (справа) и понижением (слева). Как указывалось выше, в этой полосе, характеризующейся высокими склонами, до излияния лав развивались оползни, поэтому создавались благоприятные условия для донной эрозии в ослабленных оползнями породах.

В течение всей истории развития долины, начиная с плиоцена, наблюдается перемещение долины реки к ее правому борту. Это объясняется не правилом Бера, а тем фактом, что левый борт сложен лавами, а правый более поддающимися размыву осадочными породами. Перемещение долины за время со среднего плиоцена на одном из створов составляет до 400 м. Здесь долина имеет асимметричное строение.

На ереванском участке р. Раздан огибает Арабкирское поднятие и протекает западнее трех небольших куполов А, Б и В. Справа от реки обнажаются лавы, заполнившие понижение в осадочных породах. Поэтому здесь река сместилась к левому борту, в сторону легко размывающихся пород, слагающих Арабкирское поднятие, т.е. подчиняется тем же закономерностям, которые устанавливаются и для арзнийского участка. Здесь за время с верхнего плиоцена долина сместилась на 250 м. Благодаря развитию трех небольших куполов второго порядка, на ереванском участке реки возникли разнообразные сочетания природных факторов. Процесс в общем заключается в том, что река прорезает лавы и врезается в осадочную толщу. В настоящее время на ереванском участке можно наблюдать различные этапы этого процесса. В одних случаях борта и дно долины сложены лавами (начальный этап вреза), в других — правый борт и дно сложены лавами, а левый — осадочными породами,

в третьих - осадочные породы залегают на дне и левом борту и, наконец, река целиком врезана в осадочные породы.

На обоих исследованных участках наблюдается формирование обращенного рельефа, с которым связаны своеобразные условия образования оползней и глубиной ползучести склонов.

Глава III. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ Общая характеристика водоносных пород

Сложная геолого-геоморфологическая обстановка ущелья р. Раздан создала не менее сложные гидрогеологические условия. Выделяются два водоносных горизонта - верхний и нижний, отличающиеся по водообильности, условиям залегания, типу, химизму и минерализации содержащих в них подземных вод. Верхний водоносный горизонт включает плиоцен-четвертичные лавы с прослаивающими их речными и озерными отложениями и современные аллювиально-делювиально-коллювиальные накопления. Нижний водоносный горизонт образуют осадочные породы, смятые в селянокупольные поднятия и осложняющие их купола второго порядка. Верхний водоносный горизонт обладает значительной водоносностью. Основной водосодержащей породой верхнего водоносного горизонта являются лавы. Водообильность лав обусловлена их повышенной трещиноватостью, большой площадью распространения и благоприятными условиями питания за счет инфильтрации атмосферных осадков. Верхний водоносный горизонт, сложенный различными по времени излияния лавами, отличается сложным строением как по вертикали, так и в плане. Поэтому, несмотря на то, что верхний водоносный горизонт рассматривается как единый, в нем в отдельных точках наблюдаются различные напоры и различная минерализация вод. Лавы и переслаивающиеся с ними речные и озерные отложения представляют собой водоносные подгоризонты. Гидрогеологические особенности водоносных подгоризонтов определяются характером подземного рельефа осадочных пород и лавовых покровов, а именно: пластикой поднятий, куполов, межкупольных пространств и погребенных долин и водопроницаемостью.

На ереванском участке верхний водоносный горизонт, сложенный в основном одним лавовым потоком, представляет собой единый водоносный горизонт грунтовых вод. Водоносный горизонт образует три потока грунтовых вод между куполами левого борта; потоки в общем текут перпендикулярно к направлению течения реки; грунто-

вые воды поступают в русло реки с левого берега и расходятся на фильтрацию на правом берегу. Поэтому при анализе гидрогеологических условий водоносный горизонт разбивается на два участка: гипсометрически высоко расположенный левобережный горизонт с сравнительно крутым падением зеркала вод и низко расположенный правобережный горизонт с почти горизонтальным положением зеркала вод, образующим подземный бассейн.

На арзинском участке водоносные подгоризонты образуются в лавах, заливших четвертичные, верхне- и среднеплиоценовые долины р. Раздан и межкупольное понижение, смежное с юго-восточным крылом Арзинского поднятия. Водораздельным слоем для водоносных подгоризонтов лавовых покровов являются относительно водоупорные древние речные и озерные отложения и осадочные породы. Здесь в верхнем водоносном горизонте выделяются: 1) поток грунтовых вод в лавах, заливших четвертичную долину р. Раздан; 2) водоносный подгоризонт пресных грунтовых и напорных вод в лавах, заливших среднеплиоценовую долину р. Раздан; 3) бассейн напорных минерализованных вод в лавах, заполнивших межкупольное понижение, смежное с юго-восточным крылом Арзинского поднятия и 4) бассейн напорных смешанных вод в лавах, заливших верхнеплиоценовую переутлубленную долину р. Раздан.

Поток пресных грунтовых вод в четвертичных лавах формируется на правом берегу р. Раздан, в пределах Егвардского плато. Водоупорным ложем для водоносного подгоризонта служит дно нижне-четвертичной долины р. Раздан, вложенное в осадочные породы; воды выклиниваются у нижнего края карниза плато на контакте дельвиально-альвиальных отложений с осадочными породами; с их выходом связано образование зоны глубинной ползучести и оползня против моста.

Грунтовыи воды лавового покрова, залившего среднеплиоценовую долину р. Раздан, образуют два потока грунтовых вод. Один поток выходит на поверхность левого склона в северной, оползневой части участка, другой - в южной, курортной части. Первый поток образует зону выклинивания грунтовых вод, расположенную на высоте 40-45 м над уровнем реки. Водоносными породами являются лавы и подстилающие их диатомитовые породы. Водоупорным ложем для водоносного подгоризонта служит терраса среднеплиоценовой долины, расположенная на размытом юго-восточном крыле Арзинского поднятия. На курортном участке часть потока грунтовых вод выходит на поверхность левого склона в виде мощных нисходящих род-

ников, другая часть дренируется верхнеплиоценовой долиной р. Раздан. До организации курорта грунтовые воды образовали до семи мощных родников, общим дебитом 9,2 млн л/сут. В нижней части разреза водоносный подгоризонт характеризуется напором. Напорные условия образуются в водоносных лавах, расположенных между слоями перекрывающих шлаков с вулканическим песком и подстилающих речных и озерных отложений.

Гидрогеологические условия Арзийских минеральных источников

Ниже водоносных подгоризонтов пресных грунтовых и напорных вод в гидрогеологическом разрезе курортного участка резко выделяется бассейн напорных соленых хлоридно-гидрокарбонатно-натриевых углекислых вод в лавах, заполнивших мульду межкупольного понижения смежного с юго-восточным крылом Арзийского поднятия; он является естественным дренажем и аккумулятором минерализованных вод, выклинивающихся из трещин и водоносных слоев нижнего водоносного горизонта в осадочных породах.

В этом бассейне, сложенном из отдельных лавовых покровов и разделяющих их шлаковых горизонтов, имеется ряд напорных водоносных горизонтов.

На курортном участке особое место занимает бассейн смешанных вод, образующийся в лавах и разделяющих их речных отложениях, заполнивших верхнеплиоценовую переуглубленную долину р. Раздан. Бассейн является очагом частичной разгрузки пресных вод лавовых покровов и минерализованных вод, аккумулирующих в бассейне минерализованных вод; он представляет собой собственно месторождение минеральных вод Арзни. В результате смешения пресных и минерализованных вод, в этом бассейне образуется ряд дериватов минеральных вод, минерализация которых изменяется скачкообразно по глубине. Повышение минерализации и температуры наблюдается вблизи контакта с подстилающими осадочными породами, особенно у оползневого нарушения, проходящего вдоль западного борта переуглубленной долины. С древними выходами смешанных вод связано образование верхнего поля травертинов. При последующем размытии уровня дренирования вод был резко снижен; вдоль западного края бассейна образовался глубокий врез, в котором отложились сапропелевые илы; в дальнейшем они были прикрыты террасовыми и делювиальными отложениями. Эти отложения,

прислонённые к размытому краю бассейна, явились позже мощным дренажем для смешанных вод; в них формировался поток смешанных вод, который образовал нижнее поле травётинов.

Движение смешанных вод происходит по ложбинообразной поверхности размыва сапропелевых илов. Смешённые воды выходят на поверхность склона в виде нескольких источников. Выделены и описаны (Демехин, 1940) семь главных источников.

Типы гидрогеологических поперечников

В сложной и разнообразной гидрогеологической обстановке участков выделяются триадцать различных типов гидрогеологических поперечников. Эти типы поперечников показаны на рис. 6, которые изображают профили, если смотреть на них вниз по течению. На участках с моноклинальным падением кровли водоупора (тип I–У, XII) грунтовые воды текут по водоупору и, следовательно, при достижении этого водоупора, река дренирует грунтовые воды, тогда как на участках куполов (тип VI–Х) грунтовые воды огибают куполы и, следовательно, даже при достижении рекой водоупора не имеет места питание реки грунтовыми водами. При мульдообразной поверхности размыва водоупора, расположенного ниже уровня реки (тип XI), образуется местный бассейн напорных пресных вод; напорные условия возникают в аллювиальных отложениях, залегающих между перекрывающими коллювиальными накоплениями и подстилающими осадочными породами. В отдельных случаях (тип XIII) наблюдается сочетание рассмотренных выше и других типов поперечников, как, например, на месторождении минеральных вод Арзни. В этом случае подземные воды питают современную реку и образуют бассейн напорных минерализованных вод.

Химический состав грунтовых вод

Грунтовые воды верхнего водоносного горизонта, приуроченные к химически инертным лавовым покровам, отличаются однотипным химическим составом; воды гидрокарбонатного типа, минерализация их редко превышает 1 г/л. Повышенная минерализация вод характерна для участков, где водоупорным ложем служат соленосно-гипсонасные осадочные породы и где к пресным водам лавовых покровов примешиваются минерализованные воды нижнего водоносного горизонта.

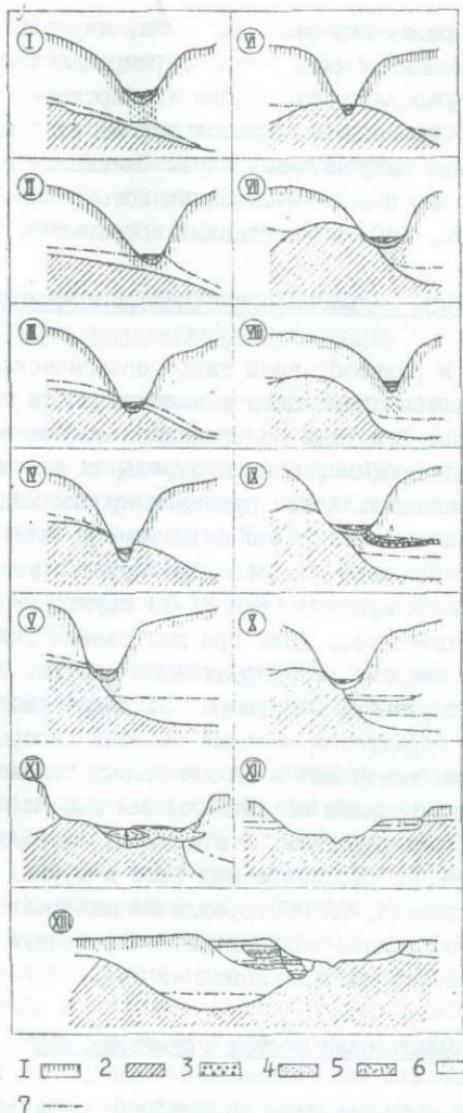


Рис. 6. Типы гидрологических поперечников в лавах, подстилаемых глинами.

I- лавы; 2- глины; 3- шлаки; 4- аллювий; 5- коллювий; 6- капельная фильтрация; 7- горизонт грунтовых вод.

Режим грунтовых вод верхнего водоносного горизонта определяется инфильтрацией; отмечается весенний период повышения уровня, соответствующий периоду, благоприятному для инфильтрационного питания.

Нижний водоносный горизонт

Этот водоносный горизонт содержит напорные, минерализованные, а на арзийском участке — углекислые воды. В нем выделяются отдельные составляющие водоносные горизонты в известняковых, песчаных слоях, разделенных глинистыми водоупорами. Участками мощного дренирования напорных минерализованных вод водоносных горизонтов являются различные нарушения, в частности зона оползневого нарушения на юго-восточном крыле Арзийского поднятия.

Воды нижнего водоносного горизонта, однотипные по химическому составу, отличаются концентрацией солей; это углекислые, в основном гидрокарбонатно-хлоридные, кальциево-магниево-натриевые воды, с общей минерализацией, достигающей 93 г/л.

Глава III. СОВРЕМЕННЫЕ ОПОЛЗНИ И МЕХАНИЗМ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ

В зависимости от глубины эрозионного вреза, в ущелье р. Раздан наблюдаются два типа формирования склонов. На участках ущелья, где врез еще не достиг осадочных пород, на склонах развиваются обвалы; они возникают в тех случаях, когда в результате боковой эрозии участки лавового покрова нависают над руслом реки и обрушаются. Такие явления происходят систематически и усиливаются во время землетрясений. В настоящее время наблюдается множество следов подобных обвалов. На тех участках ущелья, в которых эрозионный врез достиг осадочных пород, развиваются глубинная ползучесть склонов и оползни.

Существенное различие между современными оползнями, развивающимися на ереванском и арзийском участках, заключается в том, что в первом случае оползни происходят на сравнительно небольших куполах, осложняющих крупное Арабкирское поднятие, а во втором случае оползни возникают на самом Арзийском поднятии.

**I. Оползни на куполах, осложняющих поднятие
(ереванский участок)**

Река Раздан протекает вдоль цепочки куполов, осложняющих крупное Арабкирское поднятие. Здесь различаются два типа глубинной ползучести склонов и оползни: а) инсекVENTНЫЕ оползни, расположенные на сводах куполов; б) консекVENTНЫЕ оползни на подмы-ваемых крыльях этих куполов.

На левом склоне ущелья р.Раздан оползнями охвачены своды куполов А, Б и В и их крылья, обращенные к реке и к межкупольным понижениям. Развитию оползней на сводах куполов способствуют трещиноватость пород на куполах и выдвинутое к реке их положение (5, рис.7). На этих участках наблюдаются глубинная ползучесть склонов и оползни, направленные во внутреннюю сторону куполов; под влиянием речной эрозии эти движения отклоняются к реке. На куполах А и Б, со сравнительно большой амплитудой поднятия, образование оползней началось с момента эрозионного вреза в осадочную толщу; поэтому на сводах этих куполов к настоящему времени уже сформировался обращенный рельеф. На своде купола В, с малой амплитудой поднятия, оползни находятся в начальной стадии развития.

На крыльях куполов имеет место глубинная ползучесть склонов, направленная к реке по падению пород и в сторону межкупольных понижений; при усилении подмытия и колебании горизонта грунтовых вод она переходит в базу оползания. Оползни этого типа охватывают размываемые крылья всех куполов (4, рис.7).

На межкупольных понижениях (6, рис.7) оползни стимулируются потоками грунтовых вод, текущих по контакту лав с осадочными породами. Вследствие высокого градиента этого потока на участке между выходом грунтовых вод из лав и поверхностью реки здесь развивается гидродинамическое давление и имеет место отступающая подземная эрозия осадочной толщи на контакте с лавами. В результате блоки лав лишаются опоры и происходит их проседание; это приводит к дезинтеграции лав и облегчает дальнейшую денудацию склона. В ходе этого процесса наблюдается следующая периодичность. Первый этап - размыв осадочной толщи на контакте с лавами при сравнительно высоком градиенте движения грунтовых вод (вероятная величина градиента 0,5). Второй этап - обрушение вышележащих лав и образование делювиального заслона из обрушивших-

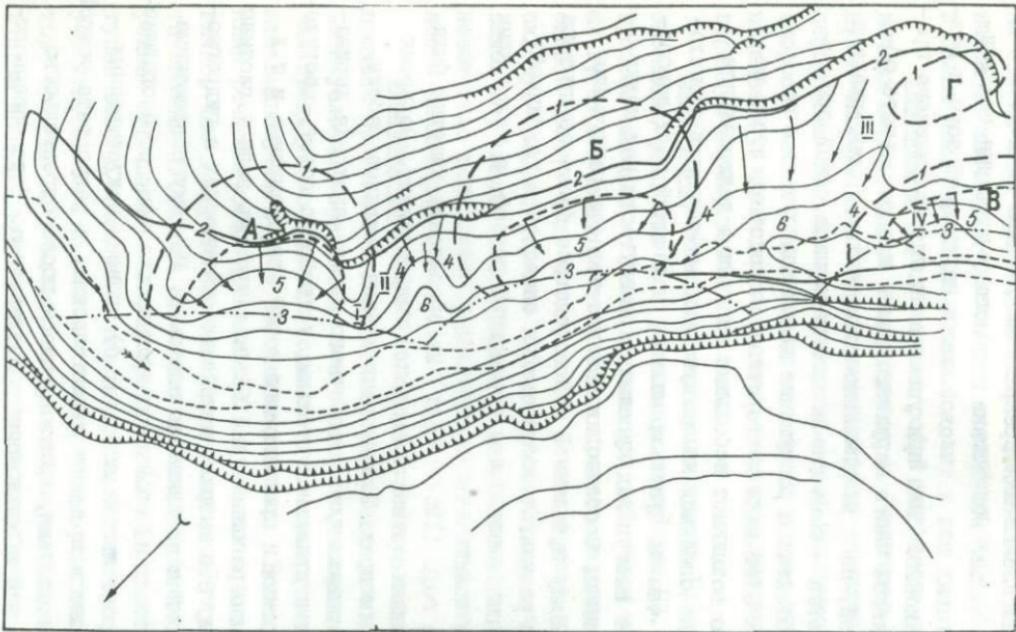


Рис. 7. Связь между строением склона и различными типами глубинной ползучести и оползней.
 1- контур купола в сечении кровли слоев 2-3 (для куполов А, Б и В) и 9 (для купола Г) на уровне реки; 2- подземный кант лавового плато; 3- линия стенки отрыва оползня верхне-плиоценового времени; 4- глубинная ползучесть и оползни на крыльях куполов; 5- глубинная ползучесть и оползни на сводах куполов; 6- оползни в межкупольных понижениях, вызванные фильтрационными силами; I-IV -современные оползни; длина стрелки показывает интенсивность глубинной ползучести и оползней.

ся глыб перед краем плато. Третий этап - заполнение пустот между глыбами лав мелкозернистыми продуктами денудации, увеличение водоудерживающей способности делювиального заслона и подпор грунтовых вод; замедление или прекращение размыва осадочной толщи на контакте с лавами вследствие местного уменьшения градиента движения грунтовых вод в тыловой части нарушенной зоны и возрастание фильтрационной силы при увеличении гидравлического градиента во фронтальной части нарушенной зоны и в результате образования оползней, снос делювиально-коллювиального материала в реку. Четвертый этап - смыв снесенного материала рекой при боковой эрозии, постепенное разрушение делювиального заслона.

В дальнейшем этот цикл повторяется; вследствие этого на склоне постепенно возникают небольшие оползни в делювиальном плаще. Образование оползней на межкуполных понижениях происходит интенсивнее, чем на куполах; поэтому подземный кант лавового плато образует выступ над куполами и вогнутости над межкупольными понижениями. Особенно интенсивно процесс разрушения лав происходит между куполами Б и В вследствие большого притока грунтовых вод. В результате образования оползней и глубинной ползучести на куполах возникает обращенный рельеф, а между ними вытянутые к реке понижения.

В последние годы (1957-1961 гг.) на ереванском участке была построена невысокая плотина Ереванской гидростанции. Во время строительства были произведены значительные земляные работы, как-то: отрывка выемки для водосборного лотка, проходка деривационного туннеля и дренажной штолни, устройство дорог, сооружение бетонной плотины и примыкающего к ней водохранилища и т.д. Водохранилище было заполнено в 1962 г. и уровень воды у плотины поднялся на 10 м. Это вызвало изменение статических и гидрогеологических условий и активизацию оползней. Поэтому современные оползни разделяются: а) оползни природных склонов, образовавшиеся до начала строительства плотины; б) оползни искусственных склонов, возникшие в процессе строительства, в результате устройства выемок и в) оползни, образовавшиеся после строительства головных сооружений и заполнения водохранилища. Ниже описываются их характерные особенности:

а) оползни в природных склонах (оползни I, II, III и IV, развиившиеся до начала строительства плотины, рис.7).

Оползень I образовался в результате размыва рекой нижней части крыла купола А, прикрытого сверху слоем лавы. Грунтовые

воды огибают купол и поэтому влияния на процесс оползания не оказывают; вероятно, фаза глубинной ползучести для этого участка склона была кратковременной. При подмытии склона рекой образовался вращательный оползень в осадочных породах, которые были в дальнейшем вдавлены лавами.

Оползень II представляет собой глубинную ползучесть осадочных пород вниз по крылу купола А. Грунтовые воды текут вдоль языка оползневого тела по межкупольному понижению АБ. Процесс деформации склона ограничивается фазой глубинной ползучести, скорость которой зависит от колебания уровня грунтовых вод в подошвенной части крыла купола. Оползнем смещаются осадочные породы и перекрывающие их лавы.

Оползень III происходит на крыле купола Г; он смыкается с оползнем, развитым в межкупольном понижении БВ. Оползневой процесс вначале протекал только под действием колебания уровня грунтовых вод; на этом этапе процесс находился в фазе глубинной ползучести. Позже, когда речная эрозия приблизилась к склону, процесс перешел в фазу среза. Такое сочетание обоих видов деформаций подтверждается разлинованием грунтов в оползневом теле вследствие глубинной ползучести и наличием поверхности скольжения при срезе.

Оползень IV развит в сводовой части купола В. Оползневой процесс протекает под действием речной эрозии и грунтовых вод. Хотя условия образования этого оползня напоминают собой условия предыдущего оползня, однако здесь существенным является более выдвинутое к реке положение участка. Вследствие этого влияние речной эрозии проявляется значительно ранее и более энергично, чем в случае оползня III; поэтому фаза глубинной ползучести оползня IV раньше переходит в катастрафическую фазу. На природной поверхности склона оползень IV обнаруживается в виде уступов старых оползней в делювиальных отложениях. Топокарта участка, снятая до начала строительства плотины, показывает четыре ступени на рельфе, которые вероятно относятся к четырем этапам оползания; для них сохранились и были картированы главные стенки отрыва. В основании стенок отрыва происходит выклинивание грунтовых вод в виде родников. Оползни носили отступающий характер; их оси последовательно смещались на юг. Подобное расположение оползня IV объясняется вытянутым в указанном направлении положением купола В.

б) Оползни искусственных склонов (оползни, возникшие а ре-

зультате изменения статических условий и последовавшей активизации старых оползней II и IУ).

Эти оползни развивались вследствие отрывки грунта на участках, охваченных глубинной ползучестью; в результате изменения статистических условий процесс переходит в катастрофическую фазу.

Отрывка траншеи водосборного лотка на участке, занятом оползнем IУ, вызвала его активизацию; тело нового оползня четко ограничивалось замкнутой оползневой трещиной, совпадающей в головной части с границей оползня IУ. На первом этапе, при неглубокой врезке траншеи, происходило смещение делювиального покрова и оползневых накоплений оползня IУ; в связи с углублением траншеи в движение оказались вовлечеными также и коренные осадочные породы; смещение происходило по круглоцилиндрической поверхности. Главная стенка отрыва приурочилась к тектоническим трещинам, разбивающим купол В.

Другой случай имел место в результате отрывки котлована мачты ЛЭП на участке, занятом глубинной ползучестью оползня II; здесь активизация имела место в границах оползня II;

в) Оползень, образовавшийся после строительства головных сооружений и заполнения водохранилища (оползень IУ).

Следствием создания головных сооружений и заполнения водохранилища явилось изменение природных условий. На одних участках изменились лишь гидрогеологические условия в результате подпора грунтовых вод и периодической сработки водохранилища. На других участках к этим факторам добавилось также влияние изменившихся геометрических условий склона. В итоге уже в начале эксплуатации сооружений стали происходить подвижки грунта на склоне и деформации в сооружениях.

Оползневые смещения выразились в оживлении ранее образованных трещин и в возникновении новых. Наблюдения 1964г. установили подвижки вдоль главной стенки отрыва оползня IУ. Значительные деформации были отмечены на левом примыкании и по напорной грани плотины (вертикальные смещения облицовочных плит). Наблюдения 1968г. показали, что оползневые трещины в грунте продолжают развиваться; они вызвали многочисленные деформации в сооружениях; деформации располагаются на воображаемом продолжении правой бортовой трещины оползня IУ.

2. Оползни на поднятии
 (арзнийский участок)

Ущелье реки Раздан пересекает свод и присводную часть крыла крупного Арзнийского поднятия. Здесь различаются два типа глубинной ползучести склонов и оползни: а) инсекVENTНЫЕ оползни на левом склоне, где ущелье глубоко прорезает присводовую часть крыла поднятия и слои осадочной толщи падают в глубь склона и б) консекVENTНЫЕ оползни на правом склоне, где ущелье неглубоко прорезает свод поднятия и слои осадочной толщи полого наклонены к реке.

На левом склоне хорошо выделяются оползни в верхней части склона, в зоне выклинивания грунтовых вод, и в нижней части склона, в пологе вдоль реки и шоссейной дороги. До застройки плато над оползневым склоном (до 1963г.) и строительства шоссейной дороги Ереван-Егвард на этих участках развивалась преимущественно глубинная ползучесть, которая лишь местами сменялась небольшими оползнями скольжения в делювиальных отложениях. Глубинной ползучестью были охвачены делювиально-аллювиальный покров и поверхность коренных пород; ее развитию способствуют процессы выветривания и изменения эффективных напряжений вследствие колебания пьезометрического уровня вод в грунтовом массиве. Выветривание вызывает понижение прочности пород осадочной толщи; показатель сопротивления сдвигу коренных пород, равный в среднем $0,31 \text{ кг}/\text{см}^2$ снижается для аллювиальных накоплений до $0,23 \text{ кг}/\text{см}^2$, а угол внутреннего трения изменяется от 28° до 17° .

Глубинная ползучесть склонов стимулируется также системой тектонических трещин, падающих к реке и подсекаемых склоном.

После застройки плато на левом склоне стали интенсивно развиваться оползни. Вначале они возникли в верхней части склона, в зоне выклинивания грунтовых вод; за время с 1963г. по 1967г. этот участок склона покрылся сплошной полосой оползней однотипного строения. Оползни охватывают делювиально-аллювиальный покров. Движение оползней происходило по криволинейной траектории – вначале параллельно склону, а затем в сторону правого борта, т.е. в направлении загиба головы слоев осадочной толщи. Характер движения оползней хорошо отражается на внешнем виде оползней и в типе трещин, оконтуривающих их. Горизонтальные смещения в активной фазе развития оползней достигли 27 м. Ополз-

ни явились причиной временного закрытия шоссейной дороги и деформации моста через р. Раздан; в результате оползней дорога сдвинулась в сторону реки.

Активизация оползней в зоне выклинивания грунтовых вод по времени совпадает с периодом интенсивной застройки плато над областью питания грунтовых вод, осуществляющейся без устройства канализационной сети. Причиной активизации оползней является повышение уровня грунтовых вод при инфильтрации сточных вод. Оползни образуются в результате уменьшения эффективных напряжений вследствие повышения пьезометрического уровня вод в области глубинной ползучести и возникновения дополнительного гидродинамического давления при наличии гидравлического градиента.

Другой тип образования оползней происходит в нижней части склона, в полосе вдоль реки и шоссейной дороги. Здесь кроме оползней в делювиально-аллювиальном покрове образуются блоковые смещения в коренных осадочных породах; их развитию способствуют речная эрозия и искусственная подрезка склона. Оползни происходят в виде смещения блоков коренных пород в голове оползней и перемятых делювиально-аллювиальных накоплений в языке оползней. Поверхности скольжения блоков формируются по системам тектонических трещин, падающим в сторону склона и подрезаемым склоном. Для оползней в осадочных породах характерна ступенчатая поверхность оползания со смещением ступеней в северо-западном направлении. Оползни стимулируются потоком грунтовых вод, текущим по контакту делювиальных отложений с аллювиальными накоплениями и напорными водами, поступающими снизу из водоносных слоев нижнего водоносного горизонта в зону контакта коренных осадочных пород с аллювиальными накоплениями. Активизация оползней в осадочных породах началась после того, как образовались оползни в верхней части склона; она была вызвана прониканием вод, поступающих из верхних оползней в коренные породы в нижней части склона. Это способствовало созданию дополнительных сдвигающих сил в порах и особенно в тектонических трещинах и созданию поверхностей скольжения.

На правом склоне развита глубинная ползучесть склона, захватывающая делювиально-аллювиальный покров; она является основным элементом денудации на склоне и носит вековой характер. Ее развитию способствуют грунтовые воды верхнего водоносного горизонта и напорные воды нижнего водоносного горизонта, выклинивающиеся в контакте делювиально-аллювиальных накоплений с осадочны-

ми породами. Активизация оползней стимулируется подрезкой склона без учета развивающейся на склоне глубинной подзучести и неправильной организацией полива насаждений на склоне.

ВЫВОДЫ

Описанные исследования позволили прийти к трем категориям выводов: региональным, методологическим и практическим.

Выводы регионального характера следующие:

1. За время, протекшее со среднего миоцена, главнейшими этапами геологической истории района являются погружение и седиментация в среднем и верхнем сармате; поднятие и размыв в конце верхнего сармата; соляная тектоника, начавшаяся в конце сармата и продолжающаяся до настоящего времени; поднятие и размыв в нижнем плиоцене; пенепленизация и погружение в конце среднего плиоцена; седиментация в начале верхнего плиоцена; сильное поднятие и денудация в верхнем плиоцене. Периоды поднятия сопровождались усилением вулканической деятельности, сильными землетрясениями, оползанием склонов, излияниями лав. Следы оползневой деятельности сохранились, когда немедленно вслед за катастрофическим обрушением склонов оползни заливались потоками лав и происходила их консервация. Это имело место в нижнем и верхнем плиоцене на арзнийском участке и в верхнем плиоцене – на ереванском участке.

2. Каждый из этих этапов характеризуется определенной геологической и геомеханической обстановкой. В результате возникло несколько типов пород (каменная соль, глины, лавы) с резко различными петрографическими, литологическими и механическими характеристиками, претерпевших различную историю напряжений и, следовательно, обнаруживших различного вида деформации и перемещения.

3. Соленосная и надсоленосная толщи образуют ряд крупных поднятий и осложняющих их куполов второго порядка, для которых характерны крупные оползни, связанные с вулканической и сейсмической деятельностью.

4. Вследствие различной мощности лавового покрова, нивелировавшего неровную поверхность осадочной толщи, развиваются деформации глин.

В результате деформации глин над понижениями образовались чаши озер, в которых происходило накопление озерных отложений.

Одновременно в лавовом покрове образовалась вторичная трещиноватость, наложившаяся на первичную трещиноватость. В сводовых частях куполов произошло раскрытие вертикальных трещин отдельности, в межкупольных понижениях трещины сомкнулись, а на крыльях куполов над главными и бортовыми трещинами погребенных оползней возникли зоны дробления лав, вызываемые смещением блоков, их раздроблением и сопровождающие образование зеркал скольжения. Эти зоны дробления явились в дальнейшем областью речной эрозии.

Вторичная трещиноватость, связанная с определенными формами рельефа, не имеет регионального характера; она была вытянута по определенным направлениям. Знание этих направлений, их размещение и характер трещиноватости необходимо при трассировании водоудерживающих завес, тоннелей, выемок, размещения подземных камер и других выработок.

5. Гидрогеологическая обстановка области определилась характером подземного рельефа осадочных пород: наличием куполов и межкупольных пространств, к которым приурочены потоки и бассейны грунтовых и напорных вод в лавах. Сложное строение подземного рельефа, резкое различие фильтрационных свойств пород, наличие форм, связанных с погребенными оползнями и различный врез реки в осадочные относительно водоупорные породы, вызвали образование тринаццати типов гидрогеологических поперечников в лавах.

6. Вследствие неодинаковой трещиноватости и вызванной ею различной денудационной устойчивости пород в куполах и в межкупольных понижениях при течении реки вдоль куполов разрушение лавового покрова и подстилающих осадочных пород начинается с куполов, где возникает обращенный рельеф; над межкупольными понижениями сохранился лавовый покров. Своеобразные условия разрушения пород образовались при дренировании рекой потоков грунтовых вод, текущих с бортов ущелья по контакту лав с осадочными породами. При высоком градиенте грунтовых вод в межкупольных понижениях возникла отступающая подземная эрозия осадочных пород, которая привела к разрушению покрывающих лав, их дезинтеграции и дальнейшей денудации. В результате разрушение лав в межкупольных понижениях опережает их разрушение над куполами и край лавового покрова образует выступ над куполами. Над межкупольными понижениями образуются мощные скопления глыбового

навала.

7. Врез реки в лавовый покров и в подстилающую осадочную толщу сопровождается обрушением лав и формированием оползней на бортах ущелья. На характер и направление оползневых смещений сильное влияние оказывают возникающие формы обращенного рельефа на куполах и отступающая подземная эрозия осадочных пород в межкупольных понижениях.

Размытие куполов сопровождается развитием гравитационных деформаций склонов (загиб головы слоев) на присводовых частях крыльев поднятий и вековой глубинной ползучести на размытых сводовых частях поднятий. При благоприятных гидрогеологических условиях (левый склон арзнийского участка) эти деформации переходят в оползни в делювиально-аллювиальном покрове и глубинную ползучесть в коренных осадочных породах. С подземной эрозией в межкупольных понижениях связана глубинная ползучесть в осадочных породах и медленные смещения лавового покрова на внешних крыльях куполов.

8. При нарушении статических условий к описанным явлениям добавляются оползни, вызванные строительными работами.

9. Геохимический анализ структур небольшого участка ущелья р. Раздан позволил выявить важные обстоятельства формирования отложений и условия их эпигенеза и дать более или менее ясное представление о механизме различных процессов, создавших современную сложную геологическую, гидрогеологическую и инженерно-геологическую обстановку. Это изучение, помимо своего практического интереса, имеет также большое теоретическое значение, как опыт применения механики для анализа сложных геологических явлений.

Выводы методологического характера следующие:

1. Основным результатом работы является корреляция оползневых структур с общей геологической историей района для установления деталей палеогеографических условий в различные периоды. Это позволяет восстановить историю напряжений различного типа пород, определить природу и вероятные величины деформаций и перемещений пластов и получить представление об изменении их облика в физико-механическом отношении в процессе развития.

2. Ключом для выявления типа оползневых структур в сложных геологических условиях является детальное членение толщ. Степень детальности расчленения определяется местными условиями и

зависит от сложности геологического строения: чем сложнее это строение, тем детальнее должно быть членение.

3. Применение к результатам геологических и инженерно-геологических исследований метода геомеханического анализа позволило не только раскрыть запутанную картину и восстановить в деталях историю развития рельефа, но и представить ясно изменение механических свойств пород в течение длительного времени и их влияние на геологические процессы.

Выводы практического характера следующие.

История возникновения и формирования рельефа ущелья р. Раздан, развития оползней, их механизм и причины образования позволяют наметить ряд мероприятий для повышения устойчивости оползневых склонов.

I. Левобережный оползневой склон арзинского участка.

Основными факторами, влияющими на устойчивость этого склона, являются грунтовые воды верхнего водоносного горизонта, выклинивающиеся на поверхность склона, и воды поверхностного стока, поступающие с плато. До строительства промышленных сооружений и жилпоселка на плато над оползневым склоном эти факторы имели непостоянный характер и оказывали сезонное влияние на оползневой процесс. Грунтовые воды, имеющие здесь ограниченную область питания, оказывали периодическое воздействие на продукты выветривания осадочных пород и изменяли их прочностные свойства. Это приводило к развитию глубинной ползучести склона и к небольшим смещениям грунта в узкой зоне переувлажненных делювиальных отложений. В связи с застройкой плато, существовавшей без канализации сбросных вод, грунтовые воды получили дополнительное, регулярное питание за счет указанных вод и стали оказывать систематическое неблагоприятное влияние на устойчивость склона; в зоне выклинивания грунтовых вод начали интенсивно развиваться оползни в делювиально-элювиальном покрове. Воды, выступающие из языков этих оползней, в свою очередь, стали поступать в оползни в осадочных породах и вызывать их активизацию.

Эти обстоятельства указывают на необходимость строительства коллектора для канализации фекальных и хозяйственных вод поселка и промышленных предприятий, расположенных на плато. Для успешной борьбы с оползнями целесообразно также произвести организованный отвод поверхностных вод, поступающих с плато. В настоящее время поверхностный сток частично собирается в мест-

ном понижении рельефа плато и поступает на левый склон ущелья в виде постоянного водного потока над б. Детским санаторием; в результате происходит врез в левый склон ущелья в зоне верхнеплиоценового оползня. Для обеспечения устойчивости склона в зоне развития оползней в осадочных породах необходимо планировать склон и заделать существующие оползневые трещины. Учитывая значительное влияние статических условий на развитие оползней в осадочных породах (подрезка и нагружение склона, наличие трещин подсекающих склон, устройство выемок, насыпей), строительство на склоне, связанное с перемещением земляных масс и подрезкой, должно сопровождаться детальным изучением инженерно-геологических условий и надлежащим проектированием.

Для обеспечения устойчивости левого склона в целом и санитарной охраны курорта необходим надзор за работой существующих водопроводно-канализационных сооружений, расположенных как на склоне, так и на прилегающем участке плато. Эти мероприятия должны включать надзор за работой магистрального Нурнусского водовода, проложенного на плато вблизи левого склона, водозаборов, отводящих от него питьевую воду для санатория № 2 и завода розлива минеральных вод Арзни. Соответствующие рекомендации были даны диссертантам в процессе проведения настоящего исследования. Так, например, в результате предотвращения утечки в водозаборной системе санатория № 2, способствующей интенсивному обводнению склона, была достигнута значительная стабилизация оползней против моста шоссейной дороги Ереван-Егвард.

Необходимо также усилить надзор за техническим состоянием существующей системы канализации фекальных вод поселка стеклоторного завода; имеющиеся выгребные ямы, расположенные непосредственно над месторождением минеральных вод, представляют собой большую опасность бактериального заражения минеральных вод. Они являются источником интенсивного проникновения загрязненных вод в верхний водоносный горизонт курортного участка.

Вследствие высокой инфильтрационной способности этого горизонта не исключена возможность проникания их в бассейн минеральных вод.

Для исключения возможности биологического заражения месторождения минеральных вод Арзни необходимо ликвидировать существующую систему канализации фекальных вод над месторождением минеральных вод, основанную на применении выгребных ям, и создать новую систему, в которой эти воды выводились бы за его пределы

и включались в генеральный коллектор Ереван-Севан, намечаемый к постройке вдоль р. Раздан.

2. Правобережный оползневой склон арзинийского участка.

Мероприятия по сохранению устойчивости этого участка должны быть направлены к уменьшению глубинной ползучести склона. Для этого необходимо: 1. Стого соблюдать нормы полива земельных участков, расположенных на плато, в области питания верхнего водоносного горизонта; 2. Полив лесных насаждений на склоне производить минимальными нормами расхода вод на полив; 3. Подрезка склона должна производиться со строгим учетом развивающейся здесь глубинной ползучести.

3. Левобережный оползневой склон ереванского участка.

Оползни и глубинная ползучесть на этом участке являются основными элементами денудации на склоне; существование этих явлений здесь особенно ясно обнаружилось при их активизации в процессе строительства и эксплуатации Ереванской ГЭС.

Активизировались оползни в левом примыкании плотины и в верховой части водохранилища. В левом примыкании плотины оползни стимулируются грунтовыми водами, поступающими из дренажной штолни в головную часть оползня IV; в результате смещения земляных масс происходит деформация сооружений головного узла. Для стабилизации склона необходимо каптировать воды дренажной штолни и отвести их за пределы оползневого участка.

Оползни, связанные с изменением режима грунтовых вод под влиянием сработки, развиты в верховой части водохранилища. Здесь циклические изменения напорного градиента потока грунтовых вод вызывают усиление оползней в межкупольном понижении, смежном с северо-западным крылом купола А. Для борьбы с оползнями данного типа наиболее целесообразным может оказаться устройство дренажной призмы из каменной наброски в нижней, размываемой части склона.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Типы гидрогеологических поперечников в лавах, подстилаемых глинами. ДАН Арм. ССР, т. 39, № 2, стр. 245-249, Ереван, 1964 (соавтор Г. И. Тер-Степанян).

2. Изменение физико-механических свойств пород, вызванных соляной тектоникой. Сб. "Формирование и изменение свойства горных пород под влиянием естественных и искусственных факторов (гео-

- логич.процессов, инженер.сооружений и горных работ)", Ленингр.
обл.н.-т.общ., ст.292-295, Ленинград, 1966, (соавтор Г.И.Тер-
Степанян).
3. A case of deformation of lavas spread over Upper-Pliocene
landslides. Proceedings First Congress Internat. Society for
Rock Mech., Lisbon, 1966, v.1 (соавтор Г.И.Тер-Степанян).
 4. Случай деформации лав, заливших верхнеплиоценовые оползни. До-
клады к I Международному конгрессу по механике скальных по-
род.Изд.НАМГ и Ф, ст.52-56, Москва, 1967; Проблемы геомеханики
№ 3, ст.70-81, Ереван, 1970, (соавтор Г.И.Тер-Степанян).
 5. Детальное расчленение надсолевой осадочной толщи в Ереване для
целей геомеханического анализа структур.Проблемы геомехани-
ки № 2, ст.125-157, Ереван, 1968.
 6. Механизм погребенных оползней верхнеплиоценового времени,
связанных с соляной тектоникой. Проблемы геомеханики, № 3,
ст.99-116, Ереван, 1969, (соавтор Г.И.Тер-Степанян).
 7. On deformation of lava during formation of salt domes. Third
Simposium on Salt, Cleveland, Ohio, 1969, Northern Ohio Geol. Soc.
p.328 (соавтор Г.И. Тер-Степанян).
 8. Гидрогеологические условия Арабкирской излучинны ущелья реки
Раздан, в Ереване.Тез.докладов восьмой респ.науч.-тех.конфе-
ренции аспирантов общественной аспирантуры, ст.7-13, Ереван,
1971.
 9. Stages of collapse of lava sheet over salt domes. Proc. Second
Congress, Internat. Soc. Rock Mech., Beograd, 1970, v. 1,
p.175-179. (соавтор Г.И.Тер-Степанян).
 10. Оползневые явления в с.Мартирос, Армения.Проблемы геомехани-
ки № 4, ст.99-104, Ереван, 1970 (соавторы Г.И.Тер-Степанян и
А.Е.Тер-Степанян).
 11. О трассировании цементационных завес в лавах над соляными
куполами. Материалы УП Всесоюз.совещания по закреплению и
уплотнению грунтов, ст.136, Ленинград, 1971 (соавтор Г.И. Тер-
Степанян).
 12. On superposition of fissuration in basaltic lava sheets. ISRM
Simposium "Rock fracture", Oct. 1971, Nancy, Franse. Inst. nat. Poli-
tech. de Nancy, 1972, №1, p. 8. (соавтор Г.И.Тер-Степанян).
 13. О наложении трещиноватости в базальтовых лавовых покровах.
Проблемы геомеханики, № 6, ст.73-76, Ереван, 1973, (соавтор
Г.И. Тер-Степанян..

Подписано к печати 18.12.75г.

Бум. 60x84, 2,5 печ.л.

Заказ 4 ВФ 03502 Тираж 180

Цех "Ромайор" Ереванского государственного университета, Ереван, ул.Мравяна № 1

1741