

**В.Р. БОЙНАГРЯН, В.Э. СТЕПАНЯН, Д.А. ХАЧАТРЯН, Р.Б. ЯДОЯН,
Д.Г. АРАКЕЛЯН, Ю.Г. ГЮРДЖЯН**



ОПОЛЗНИ АРМЕНИИ

ЕРЕВАН 2009



Organization for Security and
Co-operation in Europe
OFFICE IN YEREVAN

**В.Р. БОЙНАГРЯН, В.Э. СТЕПАНЯН, Д.А. ХАЧАТРЯН, Р.Б. ЯДОЯН,
Д.Г. АРАКЕЛЯН, Ю.Г. ГЮРДЖЯН**

ОПОЛЗНИ АРМЕНИИ

5695

Ереван – 2009

Издано при поддержке бюро ОБСЕ в Ереване.

Свою искреннюю признательность авторы выражают главе бюро ОБСЕ в Ереване послу Сергею Петровичу Капиносу за содействие в финансировании издания данной монографии.

УДК 551.435(479.25)

Рецензенты:

Э.С. Барсегиан – Директор Спасательной Службы Армении МЧС РА, генерал –лейтенант

З.К. Тагашидзе – д.г.н., член-корр. АН Грузии, профессор; **Э.Д. Церетели** – д.г.н., профессор, **Р.Г. Гобеджишвили** – д.г.н., профессор

А.П. Сударев – начальник Отдела опасных геол. процессов Мин-ва экол. Молдовы, д.г. –м.н.

Издание осуществлено при финансовой поддержке ОБСЕ

**Бойнагрян В.Р., Степанян В. Э., Хачатрян Д.А., Ядоян Р.Б.,
Аракелян Д.Г., Гюрджян Ю.Г.**

**Оползни Армении (отв. редактор В. Р. Бойнагрян).-Ереван, 2009.-308 с., 191 ил.,
61 табл.**

Работа представляет собой первую сводку по оползням Армении, подготовленную специалистами Ереванского госуниверситета, Спасательной службы РА и Института геологических наук НАН РА. В ней обобщены материалы многолетних исследований авторов, а также их коллег; рассмотрены распространение оползней, причины их образования, разновидности, причиняемый ими ущерб; предложены меры защиты от них.

Может быть полезной для проектировщиков, строителей, руководителей областей, работников Министерства охраны природы, Службы спасения, студентов и аспирантов географических и геологических факультетов, преподавателей и др.

ISBN ISBN 978-92-9235-837-2

В.Р.Бойнагрян, В.Э.Степанян, Д.А.Хачатрян,
Р.Б.Ядоян, Д.Г.Аракелян, Ю.Г.Гюрджян, 2009

Оформление. "АСОГИК" ООО

ВВЕДЕНИЕ

Армения – типично горная страна с широким распространением крутых и нередко выпуклых склонов, на которых довольно интенсивно развиваются различные экзогенные процессы. Среди них особое место занимают оползни ввиду их яркого проявления в рельефе склонов и того ущерба, который они причиняют инженерным сооружениям, населенным пунктам и транспортным коммуникациям. Частота их встречаемости приводит к тому, что “... суммарный ущерб от разрушения склонов (оползнями-замечание наше), несомненно, значительно превышает убытков от одиночных губительных природных процессов” (Шустер, 1981, с.12). Отсюда ясно, почему оползни являются объектом постоянного внимания со стороны ученых и производителей, а также правительственных органов.

По данным Института “Армгипрозем”, в Армении было зафиксировано 2223 оползня (Генераль. схема..., 1986). С учетом небольших оползней, в том числе образовавшихся во время Спитакского землетрясения 1988г. и в последующие годы, истинное их количество В.Р.Бойнагрян (2005, 2007) оценивает числом более 3500 на основании детальных полевых исследований по ряду районов Армении в масштабе 1:25000, а также дешифрирования аэрофотоснимков того же масштаба по всей территории республики, в ходе которых были выявлены новые оползни, ранее незафиксированные и некартированные.

При совместных исследованиях японцев со специалистами “Геориска” было закартировано 2514 оползней (Исследов. по управл..., 2004), что не противоречит вышеприведенным числам, т.к. при картировании оползней разными авторами не был определен исходный их размер.

В последние 10-15 лет отмечается интенсификация оползневых процессов, связанная с общей активизацией геодинамической обстановки во всем Альпийско-Гималайском регионе, климатическими изменениями, вырубкой лесов на больших площадях, небрежным использованием оросительных вод (большие утечки), непродуманными подрезками и перегрузками склонов, прекращением выполнения противооползневых мероприятий из-за отсутствия финансов и т.п.

Сильно возрос ущерб от оползней. В удручающем положении от оползней находится гор. Дилижан, смертельная угроза нависла над жителями сс.Вохчаберд и Агарцин, в любой момент оползни в районе с.Угедзор (Кочбек) могут вывести из строя стратегически важнейшую автодорогу, связывающую Ереван с Сюником и т.д.

В настоящее время изучение оползней в Армении проводится разрозненно разными организациями и разными людьми. Результаты исследований в виде отчетов оседают в фондах различных учреждений и недоступны другим. До сих пор нет ни одной обобщающей работы, в которой рассматривались бы подробно все их аспекты – формирование, распространение, разновидности и т.п. В какой-то мере этот пробел восполнен обзорной статьей В.Р. Бойнагряна (2005) в журнале “Ученые записки ЕГУ. Естественные науки” и разделом по оползням (глава VIII, §3) в недавно опубликованной монографии того же автора (Бойнагрян, 2007).

Поэтому и была задумана (по инициативе В.Р. Бойнагряна) подготовка данной монографии, авторами отдельных разделов которой стали те специалисты, которые непосредственно имели и имеют дело с оползнями на протяжении многих лет, хорошо представляют суть проблемы и пути ее решения.

Авторы будут весьма признательны всем, кто внимательно ознакомится с данной работой и выскажет свои замечания и предложения, направленные на ее улучшение.

Авторы благодарны специалистам, которые в разные годы изучали оползни Армении и чьи материалы (отчеты в фондах Геологического управления, Арминжпроекта, Гидропроекта, Ереванпроекта и др. организаций) использованы в данной работе.

Ценные замечания были высказаны при знакомстве с первоначальным вариантом публикуемой работы Э.С.Барсегианом (Директор Спасательной Службы Армении МЧС РА, генерал-лейтенант), нашими грузинскими коллегами З.К.Таташидзе (член-корреспондент АН Грузии, доктор географических наук, профессор), Э.Д.Церетели (Начальник Департамента геологической опасности и управления геологической среды национального агентства окружающей среды Грузии, доктор географических наук, профессор), Р.Г.Гобеджишвили (Председатель Ученого совета Института Географии им. Багратиони, доктор географических наук, профессор), А.П.Сударевым (Начальник Отдела региональных работ и опасных геологических процессов Молдавской гидрогеологической экспедиции „ЕНGeoМ” Министерства экологии и природных ресурсов Молдовы, доктор геолого-минералогических наук), а также С.М.Шагиняном (заведующий кафедрой геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Ереванского госуниверситета архитектуры и строительства), за что авторы благодарны им.

Свою искреннюю признательность авторы выражают главе бюро ОБСЕ в Ереване послу Сергею Петровичу Капиносу за содействие в финансировании издания данной монографии.

Авторы признательны сотрудницам кафедры геоморфологии и картографии Ереванского государственного университета О.А.Аветисян, А.А.Айриянц, А.С.Мкртчян, Н.В.Манукян и Ж.С.Мнацаканян, взявшим на себя нелегкий труд по компьютерному набору текста, подготовке графического материала и общему дизайну работы, а также Э.Э.Снргяну (начальник Центра мониторинга Спасательной службы Армении МЧС РА, полковник) за помощь в подготовке графического материала седьмой и десятой глав.

Глава первая

ИЗУЧЕННОСТЬ ОПОЛЗНЕЙ АРМЕНИИ

§1. История вопроса

Оползни в Армении стали изучаться с 1926г., однако их исследования вначале имели в основном эпизодический характер. Систематические инструментальные и режимные наблюдения оползней были организованы лишь с 70х годов XXв. в Институте геологических наук НАН РА под руководством А.Т.Асланяна, Г.И.Тер-Степаняна и Р.Б.Ядояна.

С 1945г. в Секторе геомеханики Института геологических наук АН АрмССР под руководством Г.И.Тер-Степаняна проводились исследования по изучению оползневой процесса. В результате этих исследований была разработана теория оползневой процесса и выделена подготовительная стадия процесса глубинной ползучести склона (Тер-Степанян, 1955).

С 1965г. изучение оползней стало проводиться специалистами Управления геологии, усилиями которых был собран большой фактический материал. Последний успешно обобщил Г.Д.Саакян, составивший кадастр оползней и селей в масштабе 1:600000 и 1:200000 (Саакян, 1972).

В конце 60х и в течение 70х годов XXв. были изучены оползни в разных районах Армении:

- с.Мартуни (левобережье р.Гетик) – Заргарян и др., 1969;
- с.Нижняя Килиса (бассейн р.Байдак, ныне р.Лернаджур) – Бальян и др., 1970;
- ущелье р.Вохчи – Аветисян и др., 1971;
- Приереванский район (Арзни) – Аракелян, 1971;
- Центральная часть г.Дилижан – Кузикян, Закеян, 1971;
- с.Мосес Шамшадинского района – Манукян, Заргарян, 1971;
- с.Ахихлу (ныне Овк) – Галстян и др., 1969; 1972;
- с.Орбатеж – Манукян, Оганесян, 1975 и др.

В 1973г. М.А.Григорян защитил кандидатскую диссертацию по вопросам применения сейсморазведки при исследованиях оползневых явлений на естественных склонах (на примере ряда оползней Армении).

В 1972-1978гг. изучались оползни Норавана, Нубарашена, Таратумба, Баганиса, Ваагни, Джаджура, Караунджа и др.

Интересный материал по оползням республики есть в отчетах о результатах работ оползневой станции (Заргарян и др., 1976; Оганесян, Заргарян, 1977 и др.). Ряд оползней Ехегнадзорского района (Чива, Гетап, Ехегнадзор) был изучен Г.Е.Манукяном (1977), а оползневой участок с.Горс – Г.Е.Манукяном и С.М.Багияном (1979).

В 1975-1976гг. проводились исследования на оползневом участке “Тахта” г.Дилижан (Саркисян и др., 1976).

Здесь хотелось бы поименно перечислить всех, кто изучал оползни Армении в период с 1926 по конец 70х годов XXв. и воздать им должное за их самоотверженную работу в столь трудных исследованиях, каковыми являются вопросы изучения оползневых процессов. Часть из них отмечена нами выше. Конечно, всех трудно перечислить, однако пусть все, кто когда-то был так или иначе связан с оползнями Армении (полевые наблюдения, картирование, буровые работы, геодезические и геофизические измерения и т.п.), знают, что эта монография есть результат и их труда, что собранный ими материал не остался в пыли архивов, он востребован и в наши дни. Ниже, по мере возможности, мы

постараемся упомянуть обязательно исполнителей (авторов) тех работ, данные которых будут использованы в настоящем труде.

В связи с усилением в 70х годах XXв. оползневых процессов в Дилижане, повлекшими за собой разрушения нескольких сот частных домов и создавшими угрозу ряду новостроек, согласно постановлению Совета Министров АрмССР приказом N406-к от 5 августа 1977г., была создана Дилижанская специализированная экспедиция и составлена развернутая программа комплексных инженерно-геологических научно-исследовательских работ. Экспедицию в первые месяцы возглавлял Л.Н.Зохрабян, затем ее руководителем стал Р.Б.Ядоян.

Усилиями сотрудников этой экспедиции, а также специалистов из других организаций (ЕГУ, ЕПИ, ГИИГИС, ИГИС, Армгидсп, ЛИСИ, МГУ, ПНИИС и др.) были проведены исследования оползней не только в самом Дилижане, но и во всей Дилижанской котловине бассейна р.Агстев, а также в бассейнах рр.Ахум, Тавуш, Хндзурот, Вохчи и др.

Результаты этих исследований нашли отражение в отчетах (Ядоян и др., 1980; Бойнагрян и др., 1987; 1987а и др.), ряде публикаций (Асланян, 1979; Бойнагрян, 1988; 1990; Бойнагрян В., Бойнагрян Т., 1984; 1989; Бойнагрян и др., 1984; 1990; Саакян А., 1989; 1990; Ядоян и др., 1990; 1990а и др.), а также в серии карт разных масштабов территорий гор. Дилижан и всей Дилижанской котловины:

- гидрогеологическая, гидроизогипс и гидрохимии, инженерно-геологических условий, инженерно-геологического и гидрогеологического районирования, плиоцен-четвертичных образований, преобладающих уклонов и микроэкспозиций, глубины и густоты расчленения – 1:5000;

- специализированная геоморфологическая и геологическая, хозяйственного освоения, современных экзогенных процессов, пораженности оползневыми явлениями, инженерно-геологического районирования – 1:10000;

- морфоструктур и морфоскульптур – 1:25000 и др.

В 1981г. в Институте геологических наук была составлена карта оползней территории Армении в масштабе 1:200000 на основе дешифрирования аэрофотоснимков и геоморфологических наблюдений с пояснительной запиской (Зохрабян и др., 1981).

В 1984-1985гг. выполнялись геофизические работы на оползневых участках в долине р.Агстев (Геофизические методы ..., 1984; Аджимамудов и др., 1985), а также инженерно-геологические и гидрогеологические исследования оползневого участка "Берд" (Мироян и др., 1985).

Достаточно большое место отведено оползням в "Генеральной схеме защиты сельских населенных пунктов, ... от оползней, обвалов ..." (1986), а закономерности их географического размещения отражены на "Схематической инженерно-геологической карте условий развития оползней, обвалов ..." масштаба 1:200000 (Хачатрян и др., 1986) и в опубликованной статье А.А.Казанчяна (1989).

В 1989-91гг. Арминжпроект выполнил работы по составлению схем инженерной защиты от опасных геологических процессов (в том числе и от оползней) 13 городов и 23 сел Армении, а также геодезические работы на территории Дома кинематографистов.

В 1992-1993гг. сотрудниками Арминжпроекта были проведены исследования на оползневых участках "Вохчаберд" и "Одзун" (Отчет об исследованиях ... 1992; 1993).

В 1993г. с миссией экспертизы в Армении побывали представители Страсбургского университета, посетившие оползневые участки "Одзун" и "Агарцин" и положительно оценившие рабочие проекты и проведенные армянскими специалистами исследования.

По результатам работ 1990-1995гг. была составлена инженерно-геологическая карта масштаба 1:200000 территории Армении, на которой были отмечены и оползни разной интенсивности развития, а также выделены новые оползни, сформировавшиеся после Спитакского землетрясения 1988г. (Заргарян, 1995).

В конце 90х годов XXв. были разработаны программы защиты территории Армении от опасных геологических процессов, в частности, от оползней (Целевая программа ..., 1997; Научно-методическая и информационная программа ..., 1998), авторами которых являлись В.Э.Степанян, А.С.Караханян, А.А.Авакян, С.Р.Месчян.

В 1999г. по межгосударственному соглашению между Арменией (Министерство градостроительства) и Грузией (Министерство урбанизации и строительства) был осуществлен программный проект инженерной защиты армяно-грузинских приграничных территорий от экзогенных процессов (Восканян, Степанян и др., 1999).

В 2000г. по заявке Министерства связи и транспорта Республики Армения (ГЗАО автомобильные дороги Армении) в нашу страну прибыли представители фирмы "D-2 Consult" (Австрия). Были проведены исследования по оценке влияния оползней на транспортные коммуникации Армении (изучались, в частности, оползни "Одзун" и "Кочбек") (Проект оползней ..., 2000).

В 2004-2005гг. специалисты из Японии вместе с сотрудниками "Геориска" провели мониторинг оползней республики, определили их количество (2514), связь с абсолютной высотой местности, крутизной и экспозицией склона, количеством атмосферных осадков и т.п., выделили наиболее опасные оползневые участки (Инвентаризация оползней ..., 2004-2005).

Катастрофическая подвижка Хосровских оползней была изучена сотрудниками "Геориска" (Караханян и др., 2007).

В последние несколько лет под руководством А.А.Авакяна в ИГН НАН РА создана геоинформационная система (ГИС) оползней Армении (Авакян и др., 2000; Avagyan, Movsesyan, 2002).

Отдельные вопросы формирования, распространения и развития оползней в Армении освещены в ряде работ (Асланян, 1979; Бойнагрян, 1988, 1990, 2005, 2007; Саакян, 1989; Степанян и др., 2005, 2007; Тер-Степанян, 1976; Ядоян, 1987; Воунагрян, 1999; Воунагрян et al., 2000 и др.). Связь оползней с сильными землетрясениями и активными разломами отмечается в работах А.С.Караханяна (Агаларян и др., 2000; Караханян, 1981; Караханян и др., 2000; Трифонов, Караханян, 2004).

§2. Теоретические исследования

Теоретические исследования оползневых процессов и устойчивости склонов, как отмечалось в начале главы, в Армении были начаты еще в 1945г. под руководством Г.И.Тер-Степаняна. Итогом этих исследований стала теория оползневого процесса и выделение подготовительной стадии процесса глубинной ползучести склона, а также защита докторской диссертации (Тер-Степанян, 1955).

В последующие годы были разработаны новые методы исследования оползней в дополнение к существующим геологическим и гидрогеологическим методам и призванные выявить напряженно-деформированное состояние склонов. Общим свойством этих методов является то, что они представляют собой различные аспекты приложения механики грунтов к инженерной геологии и, в частности, к учению об оползнях (Тер-Степанян, 1978).

Кроме того, в теорию Н.Г.Келля относительно дифференциального метода с графическим определением горизонтальных смещений на оползнях были внесены дополнения, которые заключались в математическом обосновании и предложениях по определению горизонтальных смещений в пространстве. Были введены новые понятия (вектор и линии перемещений, перпендикулярная засечка и др.), разработана форма альбома наблюдений и т.п. (Тер-Степанян, 1979).

Ценным вкладом в теорию об устойчивости склонов является работа “Исследование по механизму обрушения склонов” (Тер-Степанян, 1988).

Значительных успехов достиг в своих исследованиях в области экспериментальной реологии глинистых грунтов - ползучести и длительной прочности – С.Р.Месчян (1978, 2005 и др.). Его исследования тесно связаны с вопросами изучения оползней. Глинистые грунты, которые характеризуются ползучестью, снижением напряжений во времени при постоянной деформации и изменяемостью прочности под действием постоянных напряжений, обычно служат основанием для возведения различных инженерных сооружений и средой развития экзогенных процессов. С ними связаны различные просадки поверхности рельефа, смещения сооружений, пластические оползни, разрушение склонов и откосов различных дамб, плотин, выемок и т.п.

Экспериментальные работы С.Р.Месчяна позволяют понять механизм образования и развития оползня, учесть реологические свойства глин при расчете устойчивости склонов.

Вопросам прогнозирования оползней были посвящены работы К.А.Гулакяна (Григорян и др., 1981; Гулакян и др., 1976; 1977; 1978 и др.).

§3. Геодезические измерения

В разные годы на ряде оползней проводились геодезические наблюдения по поверхностным и глубинным реперам в отношении расширения трещин и смещения оползневых масс:

- Дастакерт – 1971. Здесь, на участке с.Сала-Киш, было отмечено смещение оползня на 0,06-0,13м за зиму и весну, а на участке амонального склада за тот же промежуток времени – на 0,03-0,16м. В летне-осенний период повторные измерения не зафиксировали смещений.

- Мосес-гех – 1971. Геодезические наблюдения показали, что оползень в окрестностях данного села имеет периодическую активность. В периоды активизации, которые совпадают с весенним максимумом дождей и снеготаянием, смещение оползня составляет максимум от 1,54м до 1,73м.

- Капан – 1976. Здесь, на участке “Вокзальный”, по геодезическим замерам была отмечена скорость расширения трещин в 0,13-0,25-0,51м за август месяц, а в июле-декабре- в общей сложности 0,95м. За этот же период (VII-XII) центральная часть оползня сместилась от 3,54м до 13,38м (т.е. в среднем 0,71 – 2,68м в месяц).

- Овк (Ахкихлу): в 1967-1969гг. оползень смещался со скоростью 0,3м/год, в период с ноября 1975г. по февраль 1976г. – 0,28-0,46м/год (северный поток) и 0,32-0,4м/год (южный поток). В 1977г. подвижки оползня усилились.

- Мартирос – 1976. Смещение составляло от 0,02-0,16м/год до 0,26-0,36м/год в языковой части оползня. Измерения показали, что оползень в целом стабильный, активизируется лишь периодически.

- Нубарашен – 1980-1987гг. Геодезические измерения зафиксировали вертикальные смещения до 8см/год, а горизонтальные – до 20см/год.

- Джаджур – 1982-1988гг. Здесь были проведены замеры по поверхностным и глубинным реперам. Поверхностные реперы зафиксировали вертикальное смещение на 1-24см/год, а горизонтальные – 2-97см/год.

Для устройства глубинных реперов было пробурено три скважины: одна глубиной 30м в центральной части оползня и две глубиной 20м каждая – по бортовым частям. Скважины были обсажены гибкими полиэтиленовыми трубками и оборудованы глубинными реперами. Наблюдения проводились 6 раз в месяц. Измерения показали, что

вертикальное смещение глубинных реперов составляло 5,4см/год, а горизонтальное – 27,4см/год.

- Вохчаберд – 1992. В конце июля скорость смещения оползня на северной окраине села составляла в среднем 5-7мм/день.

- Дом кинематографистов – 1989. Были определены вертикальные смещения коттеджей, которые составили: коттеджи N9 и N10 – 15-17мм за 40 дней, коттеджи NN6, 7 и 8 – 3-4мм за тот же период.

§4. Дешифрирование аэрофотоснимков

В конце 1977 – начале 1978гг. В.Р.Бойнагряном было выполнено дешифрирование аэрофотоснимков масштаба 1:5000 для составления предварительной карты рыхлообломочных образований территории Дилижана и его окрестностей. На карте были оконтурены и все оползневые тела.

В последующие годы (1979-1984), когда работы распространились на весь бассейн р.Агстев и на бывший Шамшадинский район, В.Р.Бойнагрян также в камеральных условиях выполнил дешифрирование аэрофотоснимков масштаба 1:25000 с составлением предварительных карт рыхлообломочных образований с оконтуриванием оползневых тел.

Все выделенные вследствие дешифрирования аэрофотоснимков оползневые тела были затем проверены в полевых условиях. Достоверность камерального дешифрирования составила почти 100%.

В конце 70х – начале 80х годов XXв. В.Р.Бойнагряном выполнено камеральное дешифрирование аэрофотоснимков масштаба 1:25000 по ряду районов Армении с целью картирования оползней:

- бассейн р.Веди – оползни верховьев реки, Джерманисские, Ланджанист-Лусапохский, Шагапский, северного склона Урцского хребта;

- бассейн р.Памбак – Торчekanский, Лернанцкий, Цахкабердский и др.;

- бассейн р.Мармарик – Артавазский (Такярлинский), Анкаванский, Цахкамарг, левобережья р.Кярхана-Дереси и др.;

- левобережье р.Арпа – Угедзорские, Сараван, Артаван и др.

Как отмечалось выше, в начале 80х годов XXв. на основе дешифрирования аэрофотоснимков в Институте геологических наук АН АрмССР была составлена карта оползней Армении в масштабе 1:200000 (Зограбян и др., 1981).

В конце 80х годов XXв. В.Р.Бойнагрян провел дешифрирование аэрофотоснимков масштаба 1:100000 для всей территории Армении с целью выделения оползней. Крупнейшие из них затем были нанесены на карту плиоцен-четвертичных рыхлообломочных образований территории Армении (масштаб 1:100000, автор – В.Р.Бойнагрян). Эта карта на 12 листах ватмана в единственном экземпляре хранится на кафедре геоморфологии и картографии ЕГУ.

В эти же годы В.Р.Бойнагряном на основе дешифрирования аэрофотоснимков масштаба 1:100000 составлены карты оползней территории Армении масштабов 1:200000 и 1:500000 с выделением на них оползней сейсмогенного и антропогенного происхождения, а также оползней природного (но не сейсмогенного) происхождения.

В середине 90х годов А.Р.Багдасаряном составлена карта оползней Армении масштаба 1:50000 на основе дешифрирования аэрофотоснимков (Фонды Национальной службы сейсмической защиты РА). Эта карта, к сожалению, имеет ряд существенных ошибок. Так, участки распространения вюрмской морены в высокогорном поясе вулканических массивов Армении выделены в качестве оползневых из-за их бугристого неровного рельефа.

В 2005г. В.Р.Бойнагряном выполнено дешифрирование аэрофотоснимков масштаба 1:25000 для выявления оползневой ситуации склона ССВ экспозиции в бассейне р.Угольница (окрестности Цахкадзора) (Бойнагрян и др., 2007).

§5. Наземная стереофото съемка

Первая наземная стереофото съемка оползней в Армении была выполнена В.А.Метанджяном в конце 60х годов XXв. фототеодолитом Photheo 19/1318 фирмы “Карл Цейсс-лена” на оползневом участке у с.Нижняя Килиса в долине р.Лернаджур (Байдак) и вдоль железнодорожной трассы недалеко от Разданской ТЭС. К сожалению, эта съемка имела одноразовый характер и только зафиксировала оползневую ситуацию на исследуемых участках без выявления динамики оползней. Однако для того времени полученные снимки были довольно высокого качества и позволяли наглядно представить оползни со всеми их деталями (рис. 1).

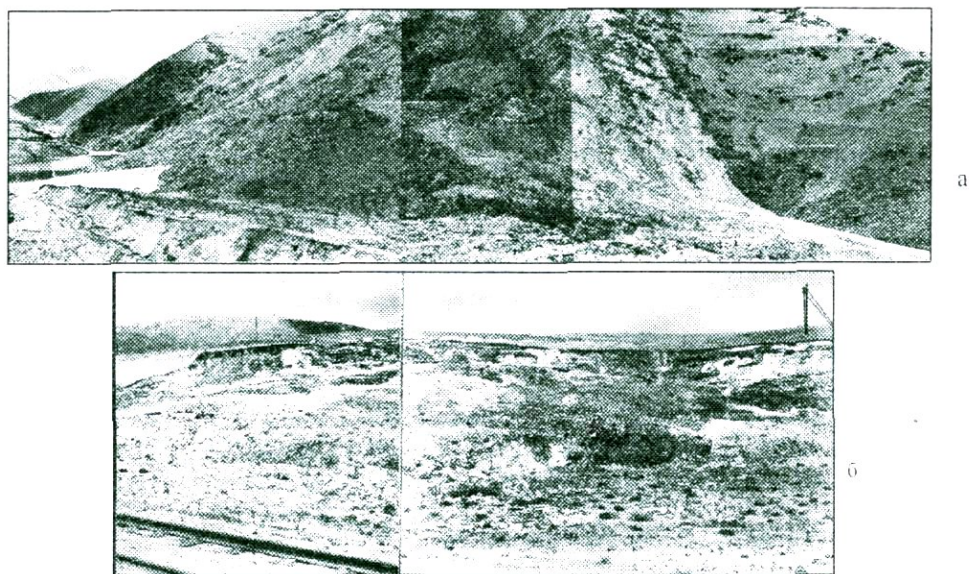


Рис. 1. Фототеодолитные снимки оползневых участков, а – долина р.Лернаджур (Байдак), б – железнодорожная трасса недалеко от Разданской ТЭС

Повторная фототеодолитная съемка оползней в Армении впервые была проведена в 1977-1980гг. в Дилижане (рис. 2) специалистами лаборатории аэрокосмических методов географического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, а также в 1986-1988гг. на стационарных участках Агарци (Куйбышев), Фиолетово и Овк (Ахкиклу I и II) в долине р.Агстев (табл. 1-3).



Рис. 2. Фототеодолитный снимок одного из оползневых участков в окрестностях Дилижана (1977г.)

Таблица 1.

Каталог координат и высот базисных точек на стационаре Агарцин (Куйбышев)

Название точек	X	X	Дирекционные углы	Н
ЮА	53 905, 96	59 022, 44	237° 18' 50"	56,13
ЮВ(11А)	875, 57	58 975, 24		1109,15
ПВ	863, 93	918, 03	258° 29' 43"	58,38
				1116,90

Таблица 2.

Каталог координат и высот контрольных пунктов фототеодолитной съемки оползневого участка на стационаре Агарцин (Куйбышев)

№	x	y	Н	Примечание
КП-1	53187,7	59308,9	1020,8	верх столба эл./п
КП-2	53174,3	59155,6	1019,3	"-"
КП-3	53191,7	59005,9	1012,5	крыша здания ближний угол
КП-4	53145,4	58876,5	1005,8	конек крыши, ближн. угол
КП-5	52914,0	59286,9	1100,5	репер, в поле (верх)
КП -6	52790,6	59191,6	1095,7	самый высокий камень на обочине дороги (верх)
КП -7	52911,6	60164,1	1017,8	верх опоры ЛЭП
КП - 8	53130,2	58526,0	1016,8	здание станции (лев. ближн. угол крыши)
КП - 9	52636,2	58916,9	1133,9	основание ближнего дерева на поляне
КП - 10	53183,1	59284,2	1020,6	верх столба
КП - 11	53162,2	59522,1	1038,1	будка на трассе дороги (прав. ближн. угол)
КП - 12	52951,9	58635,5	1076,2	камень на поляне (лев. ближн. угол)

Ими же была выполнена фотограмметрическая обработка материалов съемки по Дилижану и Агарцину.

Таблица 3.

Основные параметры фототеодолитной съемки оползней на стационарах Армении

Название стационара	Дата съемки	Номер базиса	Длина базиса, м	Дирекционный угол (А-В)	Углы склона град.			Высота объекта, мм	Высота штатива		Схема расположения точек съемки
					лев.	норм.	прав.		А	В	
Агарцин (Куйбышев)	24.04.86	10	56,13	237° 13' 50"	-	0	30	-30	129	132	
	31.10.86	11	58,38	258° 29' 43"	-	0	30; 40	-30	132	126	
	5.09.87								126	126	
Фиолетово	28.10.86	12	641,85	-	-	0	40	-20	86	125	
	7.09.87	13	31,45	-	10	0	30	-20	124	121	
Овк (Ахкиклу I)	29.10.86	14	48,18	-	30	0	40	0	131	124	
	5.09.87	15	32,34	-	3	0	30	-40	129	124	
	22.11.88	16	32,44	-	-	-	40	-20	129	124	
Овк (Ахкиклу II)	29.10.86	17	63,02	-	30	0	40	-15	120	130	
	5.09.87	18	26,01	-	30	0	-	-20	120	113	
22.11.88	113								113		

Примечание: Высота штатива измерялась до площадки трегера.

§6. Буровые и геофизические работы

К сожалению, буровые скважины имеются не на всех оползнях, а если они все же пробурены, то не по всем можно получить необходимую информацию, т.к. они или не прошли всю толщу оползня, или пробурены только в верхней части оползня (на оползневой террасе), а не по всей длине оползневого тела.

Имеющиеся единичные качественно пробуренные скважины позволили получить представление о мощностях оползней, которые колеблются в широких пределах от нескольких метров до десятков метров, а наиболее крупные оползни имеют мощность в 100-150-170 м и более.

Наиболее детально оползни в Армении изучены при помощи геофизических методов. Большой вклад в геофизические исследования оползней внесли Э.Б.Аджимабудов, В.П.Варданян, М.А.Григорян, А.С.Сардарян, Д.А.Хачатрян и др.

Подробно геофизические исследования и полученные результаты охарактеризованы в VIII главе, поэтому здесь мы ограничиваемся только перечислением фамилий специалистов, участвующих в этих работах.

Глава вторая

УСЛОВИЯ И ПРИЧИНЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕЙ В АРМЕНИИ

Возникновение оползневых смещений горных пород возможно при определенных условиях и наличии так называемого "спускового крючка" (Емельянова, 1972; Sowers G.F., Sowers G.F., 1970 и др.) или "повода" – основной причины, приведшей в действие оползневой механизм (Ломтадзе, 1977; Маслов, 1955; Попов, 1959 и др.). Обычно же на формирование оползней влияет целый ряд факторов:

- форма и крутизна склона;
- литологический состав пород;
- наличие разломов;
- широкое распространение подземных вод;
- обильные осадки и переувлажнение грунтов;
- подрезка и перегрузка склона;
- сотрясения склона при прохождении транспорта, взрывных работах, землетрясениях;
- сплошная вырубка леса и др.

А один из факторов как бы "переполняет чашу", нарушает предел устойчивости горных пород, вызывая смещение. Прав Д.Д.Варнс (1981), отмечая, что "объяснить оползень одной конкретной причиной удастся редко, если вообще это возможно" (с. 70).

Формирование оползней в Армении обусловлено геолого-географическими условиями региона, а также развитием этой территории в плиоцен-четвертичное время. Здесь отмечаются (Бойнагрян, 1990, 2001, 2005, 2007 и др.):

- широкое распространение на склонах гидротермально измененных (нередко до глинистого состояния), сильно трещиноватых и раздробленных пород; различных глин, туфоалевролитов, туфобрекчий, туфопесчаников, алевролитов, аргиллитоподобных рассланцованных глин, порфиристов, туффитов, загипсованных пород и т.п., которые при выветривании оглиниваются и сползают сами или служат хорошей "смазкой" для соскальзывания вышележащих известняков, доломитов, лав, туфов, рыхлообломочных образований;

- значительная крутизна склонов и нередко их выпуклый профиль; широкое развитие ослабленных зон (зон тектонических нарушений и трещиноватости горных пород), для которых характерны раздробление и смятие пород, их гидротермальное изменение, большая увлажненность и т.п.;

- многочисленные древние лога, заполненные рыхлообломочными накоплениями мощностью 3-5м и более, а некоторые – в несколько десятков метров;

- широкое распространение грунтовых вод;

- дифференцированные вертикальные смещения отдельных блоков, нарушающие состояние устойчивости склонов изменениями базисов денудации, их крутизны и высоты;

- высокая сейсмическая активность региона (нередки сильные землетрясения силой 7-8 баллов и более, которые способствуют срыву блоков пород со склонов, а также раздробляют массив пород, порождают силы инерции, способные увеличить сдвигающие силы и вызвать смещение пород в виде оползней).

Механический и химический составы рыхлообломочных образований склонов в Армении предопределяют возможность развития суффозии, а последняя способствует образованию оползней, т.к. ее развитие происходит под действием гидростатических и гидродинамических сил, вызывающих фильтрационные деформации пород (Бойнагрян, 2007).

Большой “вклад” в формирование новых и активизацию уже существующих оползней вносит хозяйственная деятельность человека, с которой нередко связаны крупные разрушительные оползневые смещения (Бойнагрян, 1990, 2005, 2007).

Вышеперечисленные факторы создают условия, “благоприятные” для формирования оползней. Но сам оползневой процесс (смещение пород) начинается лишь в том случае, когда один из факторов как бы перевешивает и нарушает предел устойчивости горных пород. Это может быть сотрясение склона при сильном землетрясении или взрывных работах, чрезмерная нагрузка или подрезка склона и т.д., т.е. формирование каждого конкретного оползня обусловлено определенными причинами (Бойнагрян, 2007).

§1. Геоморфологические условия

Геоморфологические условия являются одними из существенных в формировании оползней в Армении. Эти условия предопределены густотой и глубиной расчленения горного рельефа республики, преобладанием крутых и выпуклых склонов, довольно интенсивной эрозией рек, вносящих при углублении русел или подмыве подножия склонов неустойчивость в их равновесное состояние.

40,1% территории республики имеет глубину расчленения более 100м, а 25,9% - более 200м. А это уже весомый “вклад” в неустойчивость склонов, особенно тех, где имеются накопления рыхлообломочного материала, способных при “благоприятном” стечении обстоятельств сместиться вниз по склону.

Немаловажное значение имеет и густота горизонтального расчленения, которая в республике довольно значительна: 56,1% приходится на сильную расчлененность (0,6 – 1,2 км/км²) и 14% - на очень сильную (более 1,2 км/км²) (Атлас сель. хоз. ..., 1984).

Формирование оползней облегчается при наклоне склонов более 15⁰, а таких склонов в Армении около 30% от общей площади республики. Из них почти все (95,6%) подвержены оползневым процессам. Оползни в Армении встречаются и на склонах с меньшими углами наклона (8-10⁰ и 10-15⁰). На таких склонах формирование оползней связано или с сильными землетрясениями, или со значительными их подрезками и перегрузками, а также переувлажнением толщи пород.

С подмывом склона долины связаны, например, оползни у с.Мармашен (бассейн р.Ахурян), с.Мартуни (языковая часть крупного оползня-потока на левобережье р.Гетик), с.Айгут (Гелкенд) – здесь есть два небольших оползня по обе стороны от русла р.Гетик, сформировавшиеся от подмыва рекой склонов долины, и др.

В Армении, как и на всем Армянском нагорье, отмечается повсеместное сокращение ширины речных долин и их углубление от миоцена до наших дней за счет активного разрастания сопредельных хребтов в процессе их воздымания. Одновременно возрастает крутизна склонов и глубина расчленения рельефа, склоны все больше приобретают выпуклую форму, увеличивается потенциальная энергия, заключенная в породах склона. Естественно, что все это вместе (большая крутизна склонов и их выпуклый профиль, большая глубина расчленения) облегчает, при прочих равных условиях, формирование оползней.

§2. Геологические условия

Говоря о геологических условиях формирования оползней, необходимо, прежде всего, отметить литологический состав пород, вовлекаемых в оползневые смещения или способствующий данному процессу; наличие разломов и зон гидротермального изменения

горных пород; гидрогеологические условия (наличие горизонтов подземных вод); сейсмичность отдельных районов и т.д.

2.1. Литологический состав горных пород

Полевые исследования показали, что в республике широко распространены различные пластичные глины, лессовидные суглинки, гидротермально измененные (нередко до глинистого состояния) породы, которые являются хорошей "смазкой" (поверхностью скольжения) для вышележащих толщ горных пород, а нередко сползают и сами эти глины и суглинки.

Формирование оползней в республике обусловлено большой пестротой литологического состава горных пород, слагающих склоны различных форм рельефа: их переслаиванием; налеганием тяжелых пород на пластичные глины.

Например, у Джухтак-Ванка (бассейн р.Блдан) в оползневое смещение были вовлечены рыхлообломочная склоновая толща (глины, суглинки, супеси с обломками коренных пород), разрушенные и сильно раздробленные андезиты и андезито-дациты, а также глины высокой пластичности и суглинки. Вся эта разнородная масса смещалась по поверхности гидротермально измененных бентонитизированных глин и слабых пластичных темно-серых глин.

У с.Агарцин оползень развился в вулканогенно-осадочных породах среднего эоцена, среднечетвертичных покровных образованиях (пролювий, аллювио-пролювий, склоновые образования, озерные отложения) и бентонитизированных малопрочных набухающих глинах, которые ползут по поверхности гидротермально измененных пород.

У с.Овк ползут раздробленные и сильно выветрелые известняки, доломиты и туфогенные породы с суглинисто-глинистым заполнителем; отдельные хорошо сохранившиеся блоки этих же пород, а также жирные и карбонатизированные глины и суглинки с включениями щебенки и глыб известняков по поверхности жирных и пластичных глин невысокой плотности.

У Нубарашена ползут валунные галечники и глины олигоцена по поверхности этих же глин.

В каньоне р.Раздан ползут андезито-базальтовые лавы по поверхности глинисто-песчаных отложений сармата и диатомитовых глин плиоцена. Ползут также сами эти глины.

У с.Угедзор (Кочбек), в бассейне р.Воротан ползут вулканогенно-осадочные образования; в долине р.Ахурян по поверхности пластичных глин ползут озерная толща и вулканические туфы и туфобрекчии.

На оползневом участке "Вохчаберд" ползут вохчабердская и разданская свиты вулканогенно-осадочных пород, а также белесоватая толща. У с.Еранос в оползневое смещение вовлечены вохчабердская и белесоватая свиты с глыбами андезитовых лав на их поверхности.

В бассейнах рр.Ахум, Тавуш, Хндзурот, а также в нижнем течении р.Агстев (к северу от Иджевана) оползни связаны с толщей лессовидных суглинков (микропористых, карбонатизированных супесей, суглинков и глин с небольшим количеством дресвы и щебенки), которые ползут по поверхности гидротермально измененных песчаников, туфопесчаников, туфобрекчий, порфиристов, туфоконгломератов.

Таким образом, литологический состав сползающих масс довольно разнообразен: вулканогенно-осадочные образования, лавы, аллювиальные и пролювиальные галечники, озерные отложения, туфы, лессовидные суглинки, различные глины и т.п.

2.2. Наличие разломов и зон гидротермально измененных горных пород

Анализ аэрофотоснимков и полевые исследования позволили выявить тесную связь многих оползней Армении (особенно крупных) с зонами разломов. Воздействие разломов на формирование оползней связано со смещением бортов разломов, воздыманием одного блока горных пород по отношению к другому и, как следствие, нарушение равновесного состояния склонов. Кроме того, в зоне разломов отмечается раздробление горных пород, их гидротермальное изменение, и здесь создаются благоприятные условия для формирования оползней: раздробленные породы менее устойчивые, а гидротермально измененные разности представляют собой хорошую поверхность ("зеркало") скольжения. Нередко последние сами ползут вместе с перекрывающими их толщами.

К разломным зонам приурочены оползни в бассейне р.Агстев: Дилижанские, Джухтак-Ванк, Госдача, Парзличский, Овкский, Фиолетовский и др.; бассейне р.Гетик: Гошский, Хачардзанский, Айгутский (Гелкендский) и др.; бассейне р.Мармарик: Анкаванский, Артавазский и др.; в бассейне р.Веди и др.

У с.Вохчаберд смещение оползня произошло по линии разлома взбросового характера, у с.Еранос – вдоль сбросового уступа, на северо-восточном берегу оз.Севан оползни расположены вдоль надвиговых подвижек.

С разломами связаны также Гарнийские оползни, оползни бассейна р.Дарб: Угедзорские (Кочбекские) три блока, Сараванский, Артаванские блоки и др.

2.3. Гидрогеологические условия

Значительный "вклад" в формирование оползней в Армении вносят грунтовые воды, которые увлажняют склоновые рыхлообломочные образования, повышают их общий вес и, тем самым, потенциальную энергию будущего оползня. Они же смачивают поверхность скольжения, облегчая смещение оползневой массы, а также (при наличии нескольких горизонтов грунтовых вод) участвуют в формировании ярусности оползневого массива.

С воздействием грунтовых вод, их разгрузкой в тело оползня, выходами родников выше оползня у стенки срыва или по бортам оползневого массива и т.п. связаны следующие оползни Армении:

- Джухтак-Ванк – оползень двухъярусный, водоносные горизонты расположены на глубинах 7м и 16-20м от поверхности оползня;
- Дилижанский блок – грунтовые воды имеют широкое распространение, повсеместно отмечается их выход на поверхность в виде многочисленных родников, водоносные слои расположены на нескольких уровнях; отсюда, наличие многоярусных оползней;
- Госдача – разгрузка грунтовых вод во втором ярусе оползневого тела;
- Айгутский (Гелкендский) – многочисленные родники постоянно увлажняют оползневые массы;
- Лернаджурский (Байдакский) – основной причиной его формирования были два родника, выходящие у подножия стенки срыва;
- Канакерские оползни – выход грунтовых вод на уровне кровли сарматских глин – основной поверхности скольжения;
- Вохчабердский – фильтрация грунтовых вод в тело оползня;
- Джерманисский (в верховьях р.Веди) – разгрузка подлаговых вод Гегамского вулканического массива в водосборную воронку верховий р.Веди и выходы многочисленных родников;
- Джаджурский, Одзунский, Санаинский и др. – выходы родников.

2.4. Сейсмические условия

Сейсмические условия определяют нарушение устойчивости горных пород на склонах: их сотрясение, потерю связи отдельных блоков с основным массивом, раздробление, порождают силы инерции, способные существенно увеличить сдвигающие силы. С сейсмикой связаны сейсмогенные крупные оползни, для которых характерны небольшая вертикальная составляющая при значительном горизонтальном смещении тела оползня. Последнее определяется горизонтальным ускорением, получаемым оползнем при землетрясениях.

Территория Армении вместе со всем Армянским нагорьем расположена в пределах Средиземноморско-трансазиатского сейсмического пояса и на современном этапе своего развития отличается высокой сейсмичностью. Сильные землетрясения, "... в свою очередь, влияют на движения блоков", обуславливают сотрясения склонов и их рыхлообломочной толщи, а также скальных пород. При этом теряется устойчивость горных пород, активизируются старые и появляются новые оползни. Так, например, при Спитакском землетрясении 1988г. только в Северной Армении появилось 19 новых оползней и активизировались многие старые оползни (например, Дома кинематографистов, Агарцинский и др.). В бассейне р.Памбак возникли крупные новые оползни в среднем течении р.Чичкан, у с.Лернаник и др.

Территория Армении подразделяется на несколько районов по ожидаемой силе землетрясений: 8, 8-9 и 9 баллов. Естественно, что сила землетрясений вместе с другими факторами будет определять появление новых оползней и в целом влиять на оползневые процессы.

§3. Физико-географические условия

5695 На формирование оползней влияют и физико-географические условия, из которых наиболее существенным являются количество осадков и продолжительность их выпадения. При значительном количестве выпадающих осадков и длительных дождях (или интенсивном снеготаянии) в рыхлообломочную толщу склоновых образований поступает много воды, они сильно увлажняются, становятся тяжелыми и теряют свою устойчивость на склоне, переходя в оползневое смещение. Повсеместно отмечается совпадение активизации старых оползней и появления новых с периодом проливных дождей и интенсивным снеготаянием. Например, Агарцинский оползень постоянно активизируется в конце апреля – начале мая, т.е. в период насыщения оползневого массива талыми снеговыми водами и водами весенних дождей, довольно обильных именно в апреле-мае. Аналогичная картина отмечается и в других районах Армении на оползневых участках, где выпадает от 600 до 800мм осадков в течение года.

Определенное значение имеет и залесенность территории, однако этот фактор не "срабатывает" в случае мощных сейсмогенных оползней, т.к. корневая система деревьев охватывает самую верхнюю часть склоновой толщи и не может играть роль тормоза. В отдельных случаях деревья могут даже облегчить смещение склоновой толщи раскачиванием своих крон при сильных ветрах (в случае поверхностных, мелких оползней).

§4. Антропогенные условия

Большое воздействие на формирование новых и активизацию уже существующих оползней вносит хозяйственная деятельность человека. Подрезка и перегрузка склонов, их

переувлажнение при утечках воды из оросительных каналов, водопроводов и при чрезмерном поливе обрабатываемых участков, сотрясения склонов при прохождении транспортных средств, взрывных работах и т.д. – вот неполный перечень антропогенных факторов, оказывающих воздействие на нарушение устойчивости склонов и способствующих их оползневым деформациям. Поэтому нередко крупные разрушительные оползни связаны с деятельностью человека (Бойнагрян, 1990; 2005; 2007).

Одним из таких оползней является Агарцинский, современная активность которого обусловлена подрезкой тела одноименного сейсмогенного оползня для прокладки автомобильной и железной дорог. При этом не были проведены защитные мероприятия для укрепления созданного откоса склона.

Подвижки верхних ярусов оползня Джухтак-Ванк были связаны в основном именно с неправильной хозяйственной деятельностью человека: неправильный каптаж родников, взрывные работы для добычи камня из стенки срыва древнего оползня, проведение по телу оползня водопроводов и автодороги и т.п.

Оползень “Госдача” – его верхний ярус активизировался вследствие утечек воды из плавательного бассейна, который был построен на теле оползня.

Дилижанский блок – здесь в пределах центральной части города отмечается классическое проявление воздействия неправильной хозяйственной деятельности человека на устойчивость склона и образование оползней:

- многочисленные подрезки и перегрузки склонов при строительстве дорог и размещении на оползневых ступенях тяжелых зданий;

- утечки воды из различных водоводов;

- чрезмерный полив приусадебных участков и т.д.

Одзунский оползень – в его формировании немалую роль сыграли утечки воды из канала, который проходил выше по склону, а также сотрясения склона от движения транспорта.

Нубарашенский оползень – одной из причин активизации его смещения является подрезка склона при прокладке и ремонте магистральной шоссе-ной дороги.

Шорбулахские оползни в последние годы активизировались в связи с утечками воды из оросительных каналов и водопроводов, поливом садов и огородов, подрезками и перегрузками склонов и т.д.

Аналогичные причины активизации оползней характерны и для других районов Армении: бассейн р.Арпа (Орбатех, Гетап, Агаракадзор), р.Вохчи (Капанские оползни), Ераносский оползень на западном берегу оз.Севан и многие другие.

Глава третья

РАЗНОВИДНОСТИ ОПОЛЗНЕЙ АРМЕНИИ

В процессе полевых работ и дешифрирования аэрофотоснимков было выявлено, что оползни в Армении самые разнообразные по размерам, форме в плане, механизму смещения, времени формирования, происхождению, степени активности и т.п.

§1. Разновидности оползней по размерам

В.Р.Бойнагрян (2000, 2005, 2007) оползни Армении подразделяет по размеру в зависимости от их длины, ширины и мощности на:

- *мелкие* – мощность сместившихся масс не более 5м, длина и ширина – несколько метров;
- *средние* – мощность до 20-30м, длина и ширина в пределах десятков метров;
- *крупные* – мощность до 50-70м, длина и ширина в пределах от сотни до нескольких сотен метров;
- *гигантские* – мощность до 100-170м и более, длина и ширина в пределах от нескольких сотен метров до нескольких километров.

На инженерно-геологической карте территории гор. Дилижан его оползни подразделены по объему сместившихся масс на:

- *мелкие* – объем до 1000 м^3 ,
- *средние* – от 1000 до 10000 м^3 ,
- *большие* – от 10000 до 100000 м^3 ,
- *очень большие* – от 100000 до 1000000 м^3 ,
- *огромные* – более 1000000 м^3 ,

а по мощности на:

- *мелкие* – мощность менее 5м,
- *средние* – от 5 до 15м,
- *громатные* – от 15 до 25м,
- *очень громатные* – более 25м.

Последнее подразделение оползней по мощности не совсем удачное, т.к. трудно назвать оползень громатным, если его мощность составляет всего 15-25м, и очень громатным (раз один оползень назвали громатным, то куда еще добавлять слово “очень”?) с мощностью сместившихся масс более 25м. А ведь в Армении (да и в пределах самого бассейна р.Агстев) есть много громатных (гигантских) оползней мощностью 100-170м и более. Почему вторая и третья графы данной классификации отличаются друг от друга всего 10м мощности, а в последнюю графу включаются оставшиеся 75-145м под понятием “более 25м”?

В.Э. Степанян (Научно-метод. и информ.прогр., 1997-1998) оползни Армении подразделяет исходя из размеров территории, пораженной данным процессом, на следующие:

- *очень мелкие* – пораженность территории менее 5га,
- *мелкие* – 5-50га,
- *средние* – 50-100га,
- *крупные* – 100-200га,
- *очень крупные* 200-400га,
- *грандиозные* – более 400га.

Данная классификация удобна для определения размеров негодных для использования земель.

Знание величины мощности оползневого тела необходимо при проектировании подпорных стенок, расчете объемов земляных масс для устройства банкетов и контрбанкетов, для разработки схемы укрепления оползня сваями и т.п.

В Армении довольно много крупных и гигантских оползней, длина которых достигает 5-8км, ширина – 1-2км, а мощность – 100-170м и более. К таковым относятся Овкский, Агарцинский, Хаштаракский, Дрбабакский (Чайкендский), Айгутский (Гелкендский), Мартунинский, Анкаванский, Джерманисский (Канлыгельский), Угедзорские (Кочбекские) и др. оползни (рис. 3).

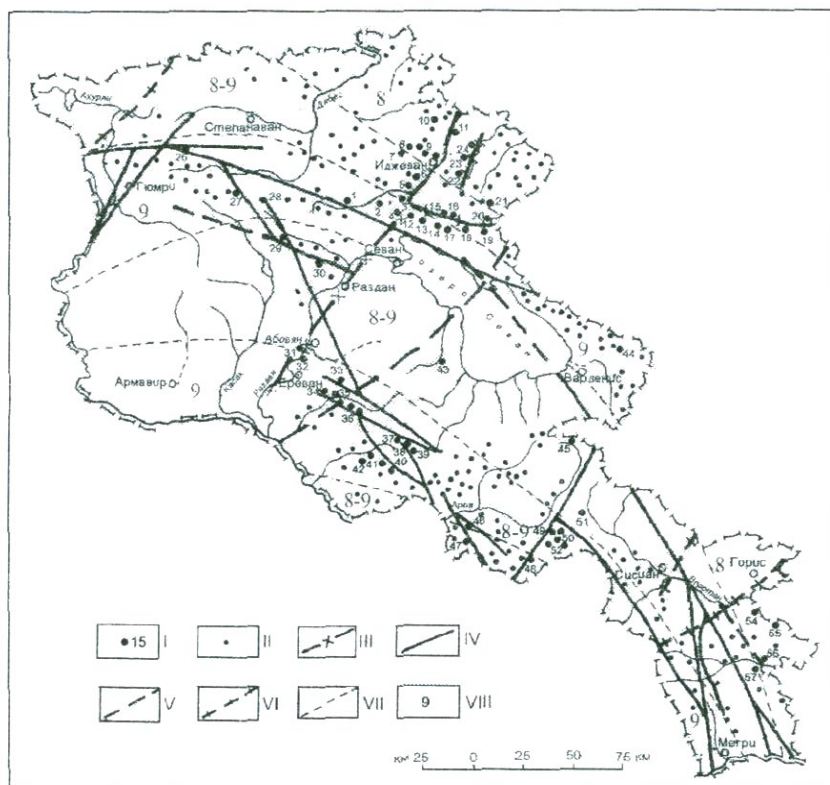


Рис. 3. Карта-схема распространения крупных оползней в Армении (по В.Р.Бойнагряну, 2005;2007): I – тектоно-сейсмогравитационные оползни-блоки и оползни-потоки и их номера; II – крупные оползни несейсмогенного происхождения; III – трансороженный Агстев-Разданский разлом; IV – достоверные активные разломы; V – предполагаемые активные разломы, выделенные В.Р.Бойнагряном; VI – предполагаемые активные разломы, выделенные В.Р.Бойнагряном; VII – границы сейсмических районов; VIII – балльность землетрясений; IV, V – по “Карте активных разломов РА и сопредельных территорий (масштаб 1:1 000 000, 1990)”; VII и VIII- по А.П.Карпетяну и др., 1994.

Тектоно-сейсмогравитационные оползни: 1 – Филетовский, 2 – Дилижанские, 3 – Агарцинский, 4 – Парзлический, 5 – Овкский, 6 – Енокаванский, 7 – Шарукарский, 8 – Кызылкаинский, 9 – Ачаджурский, 10 – Севкарский, 11 – Хаштаракский, 12 – Гошский, 13 – Хачардзанский, 14 – Дрбабакский, 15 – Айгутский, 16 – Каратопракский, 17 – Мартунинский, 18 – Гетикский, 19 –

Туджурский, 20 – Карагедикский, 21 – Зейналталский, 22 – Ардакские, 23 – Карагюхский, 24, 25 – Цахкаванские, 26 – Торчеканский, 27 – Лернацский, 28 – Лернаджурский, 29 – Анкаванский, 30 – Артавазский, 31, 32 – каньона р.Раздан у с.Гетамеч, 33 – Вохчабердский, 34 – Нубарашенский, 35 – Ацаванский, 36 – Байбурд-Гелайсарский, 37 – верховьев р.Веди, 38, 39 – Джерманисские, 40 – Ланджанист-Лусацохский, 41 – Шаганский, 42 – северного склона Урцского хребта, 43 – Ераносский, 44 – Джанахмедский, 45 – верховьев р.Джермук, 46, 47 – Асаракадзорские, 48 – Мартиросский, 49 – Сараванский, 50 – Угедзорский (Кочбекский), 51 – верховьев р.Воротан, 52 – Артаванский, 53 – Ахта-Капуйтский, 54 – Шурнухский, 55 – Давид-Бекский, 56, 57 – Капанские

§2. Разновидности оползней по форме в плане

По форме в плане в Армении встречаются циркообразные, фронтальные, глетчерообразные и блоковые оползни.

Из перечисленных разновидностей довольно часто встречаются циркообразные и глетчерообразные.

Циркообразные оползни характеризуются четко выраженным в рельефе склона амфитеатром (цирком), контуры которого подчеркиваются уступами (крутыми до вертикального стенками на склоне, от которых произошел отрыв оползневой тела), полукругом окаймляющие понижение на склоне, образовавшееся в результате смещения массива пород и заключающее в себе эту смещенную массу. В качестве циркообразных можно назвать Анкаванский, центра гор.Дилижан (райсовет, почта), Джерманисский (Канлыгельский).

Оползни-потоки, или глетчерообразные оползни характеризуются значительной вытянутостью вдоль понижений в рельефе склона. Их ширина намного меньше (в 4-5 раза), чем длина. Эти оползни представляют собой потоки, которые сформировались из разжиженного грунта и сместились в горизонтальном направлении на несколько сотен метров (до 500-1000м). По внешней форме они напоминают горные ледники (глетчеры), отсюда и их название.

Оползни-потоки (глетчерообразные оползни) формируются в Армении в зонах смятия и дробления пород, где происходит резкое изменение физико-механических свойств последних под воздействием циркулирующих водных растворов и создаются ослабленные контакты между изменившимися и неизменными породами (например, крупные оползни Джерманисской структуры, оползни верховьев рр.Азат, Ехегис и др.) (Казанчян, 1989).

Оползни-потоки приурочены в основном к коре выветривания и их активность зависит от увлажнения рыхлообломочной склоновой толщи и поверхности ее контакта с коренными невыветрелыми породами (например, оползни Иджеванского района, северо-восточного побережья оз.Севан и др.).

Отмечается также, что оползни-потоки размещаются на склонах между параллельными разломами или же связаны с участками всеорообразных нарушений (Айгутский оползень, оползни надвиговой зоны Севано-Ширакского и Урц-Вайкского районов).

Оползни-блоки (блоковые оползни), согласно А.А.Казанчяну (1989), обычно формируются в местах схождения, изгиба или пересечения тектонических нарушений, т.е. в дизъюнктивных узлах, а также на участках пересечения новейших "поперечных поднятий" с разрывами земной коры. При этом отмечается, что активные оползни-блоки тяготеют к наиболее сейсмогенным зонам.

Наиболее крупные оползни-блоки приурочены к коренным породам (например, блоки Дилижана) и в целом находятся в состоянии относительной стабильности.

Оползни-блоки характеризуются примерно равными длиной и шириной, отсутствием или нечеткой выраженностью оползневой цирка и следов смещения в виде трещин

растяжения, т.к. такие оползни смещаются единым блоком без его расчленения на отдельные ступени или массивы. Хорошими примерами блоковых оползней являются Дирабакский (Чайкендский) блок на левобережье р.Гетик, Агарцинский, Артаван-Угедзорского (Кочбекского) участка и др.

§3. Разновидности оползней по механизму смещения

По механизму смещения различаются оползни-обвалы, оползни скольжения, оползни течения (оползни-потоки) и сложные оползни.

Оползни-обвалы обычно приурочены к зонам дизъюнктивных нарушений, где породы отличаются значительной дислоцированностью и неустойчивостью на крутых склонах. Увлажнение таких склонов способствует ослаблению структурных связей пород и их смещению в виде оползня-обвала.

Оползни-обвалы начинают свое движение как оползень, затем происходит очень быстрое смещение и вся масса пород за считанные минуты срывается со склона и обрушивается в долину реки. Такие оползни очень опасны для населенных пунктов (например, Лернаджурский-Байдакский - оползень-обвал, сорвавшийся с крутого склона и захоронивший под собой 30 домов в с.Нижняя Килиса), водохранилищ, транспортных коммуникаций (Одзунский оползень-обвал, перекрывший железную дорогу Ереван-Тбилиси) и др.

Оползни-обвалы небольших и средних размеров есть в бассейне р.Азат в зоне Гарни – Гохт - Гегамаовит – Байбурд, на северо-восточном побережье оз.Севан, на правобережье р.Гетик и на других участках Армении.

Оползни скольжения – наиболее широко распространенные по механизму смещения. Среди них выделяются две разновидности:

- оползни, породы которых при движении деформируются несильно и состоят из одного или нескольких блоков;
- оползни, породы которых сильно деформированы и состоят из множества частично связанных блоков.

Эти подтипы в свою очередь подразделяются на оползни скольжения с вращением и оползни скольжения по плоскости (консеквентные) (Варнес, 1981).

Обе разновидности оползней скольжения встречаются в Армении. Следует отметить, что оползнями скольжения является большинство структурных (сейсмогенных, тектоно-сейсмогравитационных сместившихся тел) оползней, широко распространенных в бассейнах многих рек Армении.

Оползни течения – это пластические оползни, у которых вязкое течение неоднородных оползневых масс имеет подобие турбулентного характера.

В оползневой массе при этом типе механизма смещения развиваются пластические или хрупко-пластические деформации. Этот тип смещения характерен для оползней-потоков, которые распространены на участках развития кор выветривания и на участках склонов, ограниченных параллельными разломами (см. выше).

Сложные оползни в Армении широко распространены в Урц-Вайкском регионе с его сложным тектоническим строением, разнородными по литологическому составу породами и многочисленными нарушениями в основном сбросового и сбросо-сдвигового характера. Все они имеют делясивный или детрузивный характер.

В.Э.Степанян (Научно-метод. и информ. прогр., 1997-1998) выделяет в Армении также:

- **срезающие оползни сдвига** – оползни Капана по улице Арутюнян, Дома кинематографистов в окрестностях Дилижана (для них характерно появление на начальной

стадии трещин в течение от нескольких дней до месяца и большая величина вектора смещения);

- **консеквентные оползни сдвига** – второй и третий блоки Агарцинского оползня, оползни центральной части Дилиджана и у завода минеральных вод там же (для этих оползней характерна небольшая амплитуда вертикального смещения и приуроченность поверхности скольжения к подошве ранее существовавших оползневых накоплений);

- **оползни выдавливания (выпирания)** – первый блок Агарцинского оползня, Джржевский оползень на обходной дороге Еревана, оползни по трассе железной дороги Раздан-Иджеван (для них характерно появление первых признаков оползания за 1-5 месяцев до начала катастрофической подвижки);

- **вязкопластические оползни (оползни-потоки)** – см. выше “оползни течения” – оползень Нубарашенского кладбища, у церкви Джухтак-Банк, у гор.Мартуни (Севанский бассейн), у с.Птгни (Наирийский район);

- **оползни гидродинамического разрушения** – Одзунский оползень, оползни IX массива обходной дороги гор.Ереван;

- **суффозионные оползни** – второй блок Агарцинского оползня и др.

§4. Разновидности оползней по времени формирования

По времени формирования в Армении выделяются **древние** плиоцено-нижнечетвертичные и средне-верхнечетвертичные оползни, а также **молодые** голоценовые и современные оползни (Бойнагрян, 2005; 2007).

Древние оползни в Армении представлены крупными (до гигантских размеров) оползнями-блоками и оползнями-потоками длиной до 5-8км, шириной до 1-2км и мощностью до 100-170м и более. Они названы В.Р.Бойнагряном (1988) тектоно-сейсмогравитационными сместившимися телами. Их формирование связано с сильными землетрясениями прошлого, а также с медленными (криповыми) подвижками бортов активных разломов, к которым они и приурочены в большинстве случаев.

Эти гигантские оползни имеют в целом относительно небольшую величину вертикального смещения (100-200м, редко до 300м), в то время как амплитуда их горизонтального перемещения достигает местами 0,5-1км. Поэтому в языковой части таких сместившихся тел русла рек сильно отклонены в противоположную сторону (Бойнагрян, 1988) – рис. 4.

Такой характер присущ оползням, в формировании которых большую роль сыграли землетрясения. Большая амплитуда горизонтального перемещения объясняется избыточным горизонтальным ускорением, полученным оползнем при землетрясении (Емельянова, 1972).

В рельефе склонов эти крупные оползни выделяются бугристой поверхностью с заболоченными понижениями, суффозионными воронками, отдельными хорошо сохранившимися глыбами коренных пород, которые как бы “плавают” в щебенисто-суглинистых образованиях (Бойнагрян, 1988; 1990; 2005; 2007). Такой характер поверхности этих тектоно-сейсмогравитационных древних оползней отмечается повсеместно на территории Армении.

Большинство крупных оползней-блоков и оползней-потоков приурочено к зонам разломов и повышенной трещиноватости горных пород (к тектонически активным участкам с высокой сейсмичностью). Все они хорошо выделяются по топографическим картам масштаба 1: 25000 (чуть хуже – 1:100000) и по аэрофотоснимкам, а также на местности (Бойнагрян, 2005; 2007).

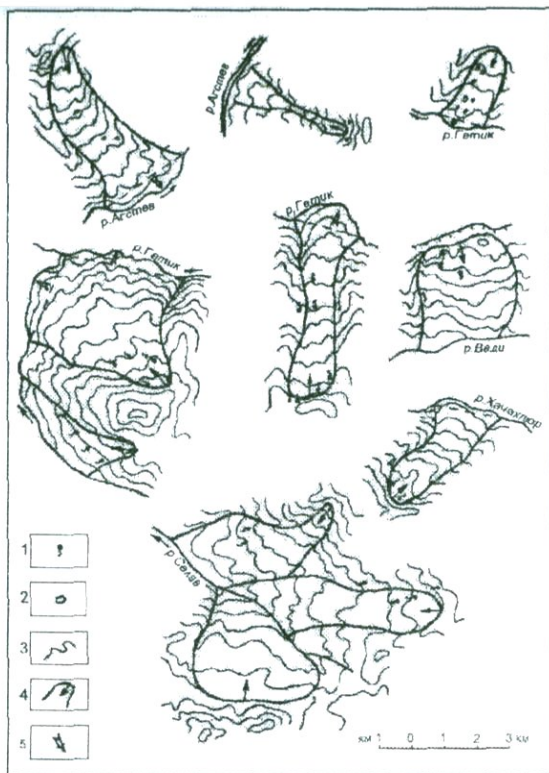


Рис. 4. Плановый рисунок крупных оползней-блоков и оползней-потоков: 1-родники, 2-озера, 3-горизонталы, 4-контуры оползней, 5-направление и величина смещения "языка" оползня

Молодые оползни нередко осложняют концевые (языковые) части почти всех стабилизировавшихся древних оползней, а также развиваются самостоятельно в "благоприятных" для их формирования участках. Их мощность составляет от нескольких метров до 20-30м (иногда более 50м).

В рельефе склонов молодые оползни выделяются четко. Хорошо видны стенка отрыва (срыва), многочисленные трещины раскрытия (растяжения), разрывы в грунте, тело оползня, оползневые ступени и т.п. (рис. 5).

Сильно поражен молодыми оползнями участок территории Большого Еревана от Вохчаберда до Нубарашена и далее на запад вдоль северо-западного склона Нубарашенского плато, где по пестроцветной глинистой толще ползут галечники или сползают сами эти глины, охватывая оползневыми подвижками значительную площадь. На общем фоне этого склона с явно выраженными признаками подвижек выделяются отдельные более активные оползни с хорошо заметными трещинами, бугристой поверхностью, с резкой обособленностью тела оползня от остальной части склона.

Молодые оползни известны в бассейнах рр.Ахурян, Арпа, Вохчи, Воротан, в каньоне р.Раздан и др.

На левом берегу р.Ахурян у с.Мармашен ползут огромные участки склонов, сложенных озерной толщей и вулканическими туфами; у с.Кети ползет эловый туфов и туфобрекчий; небольшие современные оползни есть у сс.Джраззор, Илли, Торосгюх и др.

Предположительно голоценовые стабилизировавшиеся оползни средней мощности (17-21м) имеются у сс.Чива, Гетан, у Ехегназора, где распространены просадочные грунты (интенсивно выветрелые, выщелоченные, сильно карбонатизированные породы).

Смещение пород здесь происходило по увлажненной поверхности вязких пластичных темно-серых (голубоватых) глин верхнего эоцена.



a



б



в



г

Рис. 5. Примеры молодых оползней (фото В.Р.Бойнагряна): а – сценка срыва оползня на левом склоне р.Кярхана-Дереси (правого притока р.Мармарик); б – разрывы в грунте тела оползня на правом склоне долины р.Мармарик у бывшего совхоза; в – оползневые трещины Агарцинского оползня, г – оползневая ступень и очередной скол на теле оползня на правом склоне долины р.Мармарик

В бассейне р.Воротан известны голоценовые и современные оползни небольших размеров у сс.Ахлатян, Брнакот, Ангахакот, у Гориса. Они связаны с сисианской диатомитовой толщей. В оползневые смещения вовлечены диатомитовые глины и перекрывающие их лавы.

Молодыми являются оползни Нубарашенского кладбища в Ереване, Одзуна, Лернаджурский (Байдакский), Агарцинский, Джаджурский и многие другие весьма активные в настоящее время.

§5. Разновидности оползней по происхождению

По происхождению оползни Армении можно подразделить на **природные** и **антропогенные**.

Первые, в свою очередь, можно разделить на оползни **сейсмогенного** и **нессейсмогенного** характера.

Сейсмогенные оползни образуются при сильных землетрясениях и, как отмечалось выше, отличаются от других оползней небольшой величиной вертикального смещения и значительной (в 3-5 раза большей) амплитудой их горизонтального перемещения.

Крупные сейсмогенные оползни есть в бассейнах рр.Агстев, Веди, Ахум, Гетик, Дарб, Памбак и др. Большинство из них рассмотрены детально в IV главе данной монографии.

Во время Спитакского землетрясения 1988г. только в Северной Армении образовалось 19 новых оползней и активизировались многие старые. В частности, активизировались оползни у Дома кинематографистов и завода минеральных вод в Дилижане, у с. Одзун на железнодорожной трассе Ереван-Тбилиси, у сс.Агарцин, Дзорашен (Чичканские оползни), в Капанском районе и др. Резко активизировался Нубарашенский оползень, который вызвал значительные разрушения на территории одноименного городского кладбища (Бойнагрян, 2005; 2007).

Формирование крупных сейсмогенных оползней в Армении отмечалось во время Двинского, Вайоцдзорского, Сюникского (Зангезурского), Цахкадзорского, Араратского и др. разрушительных землетрясений. Многие из этих оползней стали причиной человеческих жертв.

Природные оползни несейсмогенного происхождения формируются в результате подмыва основания склона рекой, переувлажнения отдельных участков склонов дождевыми и тальными водами или водами выходящих на склоне или у его основания родников и т.п. Например, смещение огромных участков склона у с.Мармашен (левый берег р.Ахурян) связано с подмывом склона рекой и увлажнением пластичных глин, подстилающих озерную толщу и вулканические туфы; в бассейне р.Воротан голоценовые и современные оползни небольших размеров связаны с переувлажнением диатомитовых глин подземными водами и давлением залегающих на них лав (Бойнагрян, 2005; 2007).

Оползни антропогенного происхождения формируются под воздействием целого ряда факторов:

- подрезки склонов при строительстве дорог (например, первые оползневые подвижки на правом склоне долины р.Агстев у с.Агарцин произошли в самом начале 80-ых годов XX века сразу после начала подрезки склона для прокладки автомобильной и железной дорог; до этого древний оползневой блок был в стабилизированном состоянии; одной из причин формирования оползневого участка “Санаин” также стала подрезка склона при строительстве дороги) или расширения строительных площадок (как, например, в гор.Капан);

- вибрация склона от движения транспорта (одна из причин активизации Одзунского оползня) и при взрывных работах;

- утечки воды из оросительных каналов и различных водоводов;

- чрезмерный полив приусадебных участков (одна из наиболее распространенных причин первичного формирования или активизации оползней в сельских районах и на садоводческих участках, например, на дачном участке к ЮВ и В от с.Шорбулах, в гор.Дилижан и др.);

- перегрузка склона различными строениями (например, в центре Дилижана, где тяжелые здания создали дополнительную нагрузку на склон) и отвалами горных выработок (как, например, в гор.Капан) и т.п

§6. Разновидности оползней по степени активности и составу смещающихся пород

По степени активности оползневых процессов на территории Армении выделяются:

- **стабилизировавшиеся оползни** – к ним в первую очередь относятся крупные древние тектоно-сейсмогравитационные сместившиеся тела (структурные оползни), образовавшиеся в плиоцен-нижнечетвертичное и средне-верхнечетвертичное время и при этом, чем сейчас, уровне базиса эрозии; к ним относятся также ряд молодых оползней, которые, раз сместившись, приобрели устойчивое положение у подножия склона, и повторные их подвижки возможны только при существенном понижении современного уровня базиса эрозии;

- **приостановившиеся оползни** – это те оползни, фактор смещения которых временно перестал действовать (например, чрезмерное увлажнение, сотрясение склона и т.п.);

- **активно действующие** – это активные оползни, смещающиеся с разной скоростью и причиняющие ущерб различным коммуникациям (в первую очередь, транспортным), населенным пунктам, приусадебным участкам, инженерным сооружениям и т.п.

По составу смещающихся пород выделяются:

- оползни в рыхлообломочных образованиях;
- оползни с захватом коренных пород.

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПОЛЗНЕЙ В АРМЕНИИ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Оползни в Армении имеют почти повсеместное распространение, но наибольшее их развитие отмечается в северных и южных районах, где простираются складчатоглыбовые хребты (рис. 3).

В зависимости от геологического строения, литологического состава горных пород, сейсмической активности и т.п. вся территория Армении подразделяется на четыре инженерно-геологических региона, каждый из которых характеризуется большей или меньшей подверженностью оползневым явлениям и особенностями их проявления:

- **Вирайецкий (Сомхетский)** – здесь оползни приурочены к среднегорному поясу, за исключением низкогорного пояса Саригтоха, где залегают мощные бейтонитовые глины, легко вовлекаемые в оползневые смещения;

- **Севано-Ширакский** – оползни бассейна р.Гетик, зоны Дилижан-Овк средне- и высокогорного пояса, где распространены вулканогенно-осалочные породы и имеются мощные зоны тектонических нарушений; для этого участка характерны крупные и громадные оползни-блоки и оползни-потоки; оползни северо-восточного побережья оз.Севан имеют четкообразное расположение вдоль надвиговых подвижек; они характеризуются средними и мелкими размерами и представлены оползнями-обвалами и оползнями-потоками;

- **Вулканическое нагорье** характеризуется в целом небольшим распространением оползней: в Лори оползни имеются в среднегорном поясе и небольшие по размерам; в ущелье р.Раздан у гор.Арзни мелкие оползни образовались в зоне сброса; в Гегамском массиве оползни есть в бассейнах рр.Азат и Веди и представлены они оползнями-потоками и частично оползнями-обвалами; мелкие оползни имеются на склонах долин рр. Ехегис (Элегис), Алагяз и др.; в верховьях р.Джермук оползни приурочены к зоне тектонического нарушения в эффузивно-терригенных породах; в Сюникском нагорье оползней мало, лишь в верховьях р.Горис есть мелкие и очень мелкие оползни в эффузивно-терригенных породах;

- **Ури-Запгезурский** – оползни здесь в основном средних и мелких размеров, но есть и громадные (например, Джерманисская структура в верховьях р.Веди); оползни здесь развиты в вулканогенно-осадочных породах и имеют характер оползней-блоков, оползней-потоков и оползней-обвалов; наиболее поражены оползнями бассейны рр.Воротан, Вохчи и Мегри (Целевая программа..., 1997).

Исследования показали, что более 90% всех оползневых проявлений в Армении сосредоточено в интервале высот 2000-1500м и ниже. Лишь отдельные оползневые подвижки отмечаются на высотах 2200-2400м, еще реже – 2500-2600м и выше. Последние представлены в основном оплывинами и сплывами, т.е. смещениями рыхлообломочной массы небольшой мощности по поверхности коренных пород (Бойнагрян, 1990).

Сходное распределение оползней Армении по высотным интервалам отмечено и по исследованиям японцев совместно со специалистами “Геориска” (Исследов. по управл.2004) – рис. 6.



Рис. 6. Оползни и высотная отметка (по: Исследов. по управл..., 2004)

Отмечено также, что многие (особенно крупные) оползни приурочены к разломным зонам (Бойнагрян, 1990; Караханян, 1981; Воунагрян, 1999; 2000 и др.).

Ниже рассматриваются распространение оползней по отдельным речным бассейнам и их особенности.

§1. Оползни бассейна р.Агстев

Бассейн р.Агстев является одним из наиболее оползнеопасных районов Армении ввиду его сложного геолого-геоморфологического строения (крутые и часто выпуклые склоны, большая глубина расчленения, наличие многочисленных разрывных нарушений, пестрый литологический состав горных пород, широкое распространение гидротермально измененных до глинистого состояния пород, различных глин и лессовидных суглинков и т.п.), достаточного увлажнения горных склонов атмосферными осадками (здесь выпадает до 700мм осадков в год), большой антропогенной нагрузкой на склоны (различного рода строения) и т.д.

Здесь известны оползни: Фиолетовский (в верховьях р.Агстев), Блданский, Дилижанские (Дилижанский блок), Дома кинематографистов, Парзличский, Овкский (Вургунский, Ахкихлинский), Агарцинский (Куйбышевский), Енокаванский на правом берегу р.Хачапюр, Хаштаракский, Ачаджурский и др. – все непосредственно в долине р.Агстев; Гошский, Хачардзанский (Поладский), Дпрабакский (Чайкендский), Айгутский (Гелкендский), Барепатский (Бариабадский), Мартунинский, Каратопракский, Туджурский и др. – в бассейне р.Гетик (правого притока р.Агстев).

Первые оползневые смещения в бассейне р.Агстев, по-видимому, произошли в верхнеплиоцен-нижнечетвертичное время, когда на всем Малом Кавказе отмечались сильные землетрясения, неравномерные поднятия неотектонических блоков вдоль разломов и интенсивная глубинная эрозия рек.

В верхнечетвертичное время долина р.Агстев приобрела современный облик, а крупные оползни – новый базис оползания.

В голоцене с его интенсивной сейсмичностью активность оползневых процессов достигла максимума. Мощные оползни и обвалы создали крупные запруды, в результате

чего в долине р.Агстев появились озера, просуществовавшие здесь довольно длительное время и оставившие память о себе в виде линз слоистых глин на уровне II надпойменной террасы.

Большинство современных оползней в бассейне р.Агстев сформировано в телах древних оползней, а также в рыхлообломочных склоновых образованиях и подстилающей их выветрелой приповерхностной части вулканогенно-осадочных пород. Перелюк современные оползни связаны с мощными накоплениями рыхлообломочного материала в древних логах.

1.1. Фиолетовский оползень

На левом склоне долины р.Агстев к востоку от с.Фиолетово выделяется два оползневых блока: западный – примерно одинаковой длины и ширины (650 – 750м) и восточный – длина около 880м, ширина от 625м в средней части до 1250м в языковой части (рис. 7).

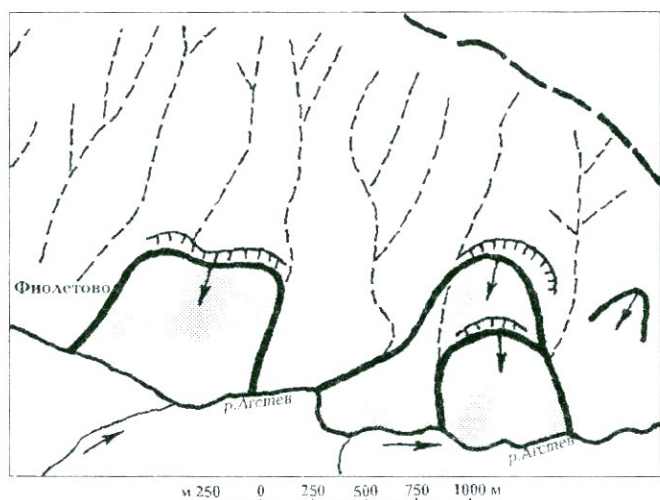


Рис. 7. Фиолетовские оползневые блоки в долине р.Агстев

Восточный блок имеет сложное строение. Его смещение происходило в несколько этапов с захватом разных горизонтов горных пород, слагающих склон долины.

На определенном этапе оползневое тело перекрыло долину р.Агстев в виде естественной плотины, выше которой образовалось Гамзачиманское озеро и стали формироваться озерные отложения. Со временем река прорвала плотину и спустила озеро. Часть оползневых масс сохранилась на правом берегу реки в виде небольшого холма (принадлежность последнего к оползневому телу подтверждается сходством геоэлектрических кривых ВЭЗ правобережного и левобережного участка оползня).

Общая мощность оползня неизвестна ввиду того, что буровых работ здесь не производилось, а исследования методом ВЭЗ и сейсморазведки не выявили глубину залегания поверхности коренных пород. А.Т.Асланян (1979) оценивает его мощность в 30-70м.

1.2. Оползень “Джухтак-Ванк”

Этот оползень был детально изучен в 1978г. сотрудниками Дилижанской и Института геологических наук АН АрмССР под руководством Р.Б.Ядоояна (р., 1980), по материалам которых ниже дается его характеристика.

Оползень расположен в средней части бассейна р.Блдан (левый приток р.Агстев), на южном склоне (наклон – 20-30°, длина – 3км) его долины, севернее завода минеральных вод “Джухтак-Ванк”.

Оползень приурочен к опущенному крылу Маймех-Гарнасарского разлома, а в южном отношении находится в мульде Дилижанской синклинали.

Оползень характеризуется следующими параметрами:

длина – 410м, ширина – 130м, мощность – от 10 до 46м, занятая площадь – около

10000 кв.м, верхний предел абсолютной отметки – 1567м, нижний – 1435м;

горизонтальное смещение – 40м, вертикальное – более 10м;

ширина трещин на поверхности оползневого тела – до 50см, видимая глубина –

до 10см, скорость смещения – 0,5м/год;

высота языка оползня от русла реки – 35м.

Джухтак-Ванкский оползень в плане имеет форму глетчера (оползень-поток), состоит из четырех ярусов и пяти ступеней. На теле оползня имеются суффозионные заболоченные западины и несколько бугров выпирания. Он смещается в юго-западном направлении (рис. 8).

На оползневом теле выделяются четыре поверхности скольжения, имеющие сложную форму и наклон до 12-15°.

В оползневом смещении вовлечена толща рыхлообломочных образований мощностью до 46м и состоящая из смеси глин, суглинков, супесей и обломков коренных пород. Толща местами довольно сильно увлажнена.

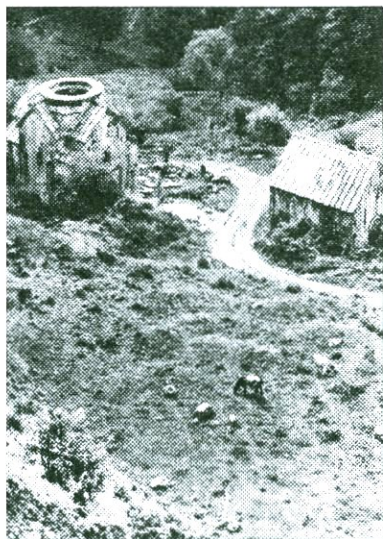


Рис. 8а. Оползневой участок “Джухтак-Ванк” – общий вид

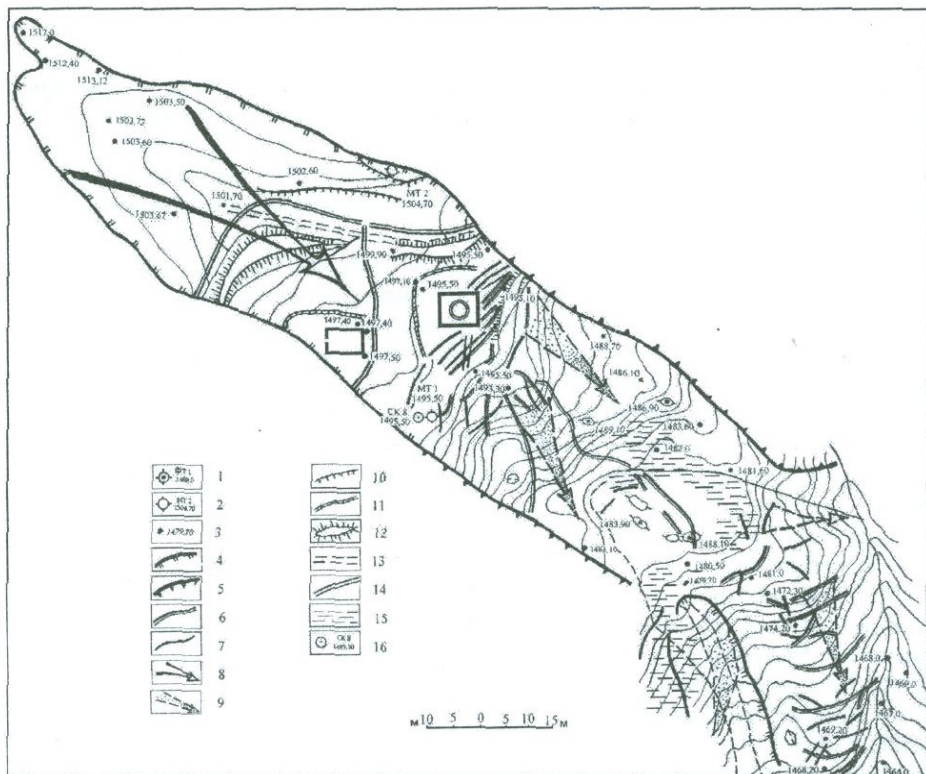


Рис. 86. Оползневой участок "Джухтак-Банк" – инженерно-геологическая карта (по: Ядоян и др., 1980): 1 – точки фотограмметрической съемки, 2 – станции мензульных съемок, 3 – отметки высот точек (условно – относительные), 4 – бровка главного уступа оползня, 5 – боковые валы (оползневые надвиги), 6 – поперечные и продольные трещины (на теле оползня существуют с 1978г.), 7 – уступы и мелкие валы на теле оползня, 8 – направления главного срыва, 9 – господствующие направления движения оползня, 10 – искусственные выемки, 11 – искусственные каменные стены, 12 – искусственные насыпи, 13 – дренажные сооружения, 14 – грунтовые дороги, 15 – заболоченные участки, 16 – скважины и отметки их высот

В оползневом теле есть отдельные влажные зоны и два водоносных горизонта:

- первый – на глубине 7м (скв.19), его воды выходят на языке второго яруса оползня;
- второй – на глубине 20м (скв.19) и 16м (скв.26).

Оползень "Джухтак-Банк", по всей вероятности, образовался в верхнечетвертичное время в результате подвигек бортов активного Маймех-Гарнасарского разлома взбросового характера (амплитуда взброса здесь составила более 200м). Этот древний стабилизировавшийся оползень (в настоящее время – нижний ярус) сместился по гидротермально измененным, бентонитизированным глинам и весьма слабым, увлажненным, пластичным темно-серым глинам. В смещение были вовлечены разрушенные и сильно раздробленные андезиты и андезито-дациты в виде глыб, щебня и дресвы. Их общая мощность составляет более 20м.

Второй ярус мощностью 15м, кроме крупного каменного материала, содержит значительное количество суглинка и супеси в виде заполнителя, а также пластичные глины в своей верхней части. Этот ярус находился в стадии глубинной ползучести (скорость смещения оползневых образований незначительная), но в языковой части имеются трещины растяжения.

Третий ярус мощностью 8м представлен глинами и суглинками с включениями щебня и дресвы. Глины обладают довольно высокой пластичностью (в среднем – 44,3). Оползень был активным, скорость его смещения достигала 0,5м/год, на теле оползня имелись многочисленные трещины (особенно в языковой части).

Четвертый ярус был наиболее активным (скорость смещения - 1м/год). Ползли сильно увлажненные глины и суглинки, которые имеют невысокие удельное сцепление (от 15 до 140ПА), модуль деформации (4-53 МПА) и модуль сдвига (15-344 МПА).

Данный древний оползень активизировался в своих верхних ярусах в основном в результате следующих причин:

- неумелый каптаж родников и инфильтрация их вод в бентонитовые и монтмориллонитовые глины склона;
- использование стенки срыва оползня в качестве каменоломни с проведением добычи камня взрывным способом;
- проведение по телу оползня водопроводов и автодороги без контрфорсов;
- сотрясение оползня при землетрясении 1976г. и др.

Активизация верхних ярусов древнего оползня создала реальную угрозу полного разрушения монастыря Джухтак-Ванк и значительную угрозу заводу минеральных вод от наступающего оползневого языка.

Предложенные сотрудниками Дилижанской экспедиции противооползневые мероприятия (планировка территории, общий дренаж оползневого массива горизонтальными скважинами, выравнивание поверхности оползня с покрытием его железобетонной сеткой с дренажными окнами, перенесение дороги с оползневого участка, каптаж вод ручья Джухтак-Ванк и др.) помогли предотвратить разрушение монастыря.

1.3. Оползень “Госдача”

Оползень “Госдача” был детально изучен сотрудниками Дилижанской экспедиции под руководством Р.Б.Ядоян (Ядоян и др., 1980), которые представляют его следующим образом.

Оползень расположен на правом склоне долины р.Агстев и ориентирован в ССВ направлении. Длина оползня составляет 790м, ширина – 220-330м, площадь – 240 000м²; оползень начинается на высоте 1410-1450м, а его язык, вышедший на пойму р.Агстев, находится на отметках 1228-1237м; средний уклон оползневого склона – 17°.

Оползень “Госдача” имеет ступенчатый рельеф. Его ступени представляют собой субгоризонтальные площадки разных размеров. На наиболее крупной ступени расположены дачи и суффозионные воронки (последние имеют глубину до 2-2,5м и площадь от 800 до 2000м²).

В оползневое смещение вовлечены вулканогенные, субвулканические и терригенно-вулканические породы верхнего эоцена и их измененные аналоги: терригенные образования миоцена (конгломераты, песчаники, алевролиты, глины); современные склоновые рыхлообломочные образования (суглинки, супеси с прослойками глин, пески, щебень, дресва).

На участке оползня “Госдача” расположен тектонический узел, образовавшийся от пересечения трех разновозрастных крупных разломов:

- Дилижанского взброса – четко выражен в рельефе, мощность зоны – до 50м, амплитуда – до 500м;
- Маймех-Гарнасарского разлома – в рельефе проявляется лишь местами, мощность зоны – более 20м, амплитуда – более 200м;
- Арцрунинского разлома – в рельефе проявляется местами, мощность зоны – около 5м, амплитуда – более 100м.

В зонах разломов коренные породы сильно нарушены разрывной тектоникой и видоизменены.

Оползень “Госдача” имеет трехъярусное строение:

- нижний и самый крупный и мощный ярус – это древний структурный оползень коренных пород (мощность смещенных масс до 50м, длина около 750м), который давно стабилизировался;

- второй ярус – это структурно-делювиальный оползень (мощность до 25м, длина около 400м), четко выраженный на местности головными и боковыми стенками срыва, многочисленными трещинами и т.п.; в смещении этого яруса значительную роль сыграло увлажнение рыхлообломочной массы атмосферными осадками и грунтовыми водами;

- третий ярус самый верхний и молодой – это оползни третьего порядка, развившиеся на теле оползня второго яруса и вовлекшие в смещение верхнюю («делювиальную») толщу рыхлообломочных образований; самый крупный из пяти оползней третьего порядка – это оползень “Южной (Круглой) дачи” мощностью до 15м и длиной 350м, который развился вследствие утечек воды из плавательного бассейна, расположенного на его теле.

Предложенные сотрудниками Дилижанской экспедиции противооползневые мероприятия (строительство подпорной стенки, дренаж подземных вод горизонтальными скважинами и т.п.) позволили приостановить смещение оползневых масс на данном участке.

1.4. Дилижанские оползни

Дилижанские оползни были детально изучены и закартированы в 1977-80гг. силами сотрудников Дилижанской экспедиции Института геологических наук НАН РА (Г.Р.Мкртчян, А.В.Варданян, Ю.Асриян, А.А.Гаспарян, С.Хачатрян и др.), а также специалистов из других организаций (ЕГУ, ЕПИ, ГИИГИС, ИГИС, Армгидеп, ЛИСИ, МГУ, ПНИИС и др.) под общим руководством Р.Б.Ядоян (из авторов данной монографии в этих работах от ЕГУ участвовали В.Р.Бойнагрян – картирование оползней и новейших рыхлообломочных образований в масштабах 1:5 000 для территории гор.Дилижан и 1:25 000 для всего бассейна р.Агстев и Д.А.Хачатрян – геофизические исследования).

Оползни в пределах территории гор.Дилижан развиты в основном на правом склоне долины р.Агстев. Здесь выделяется более 160 оползневых проявлений разной интенсивности и разных размеров (рис. 9).

Формирование Дилижанских оползней обусловлено рядом факторов:

- сложным геоморфологическим и геологическим строением территории города;

- пестрым литологическим составом пород, их интенсивным выветриванием, бентонитизацией, сильной трещиноватостью и раздробленностью;

- широким распространением грунтовых вод и их выходом на поверхность;

- дифференцированными движениями неотектонических блоков вдоль разломов;

- увеличением веса пород на склонах вследствие их увлажнения атмосферными осадками, чрезмерным поливом приусадебных участков и утечками воды из различных водоводов;

- подрезками и перегрузками склонов при прокладке дорог и сооружении тяжелых зданий и т.п. (Асланян, 1979; Бойнагрян, 2005; 2007; Бойнагрян и др., 1990; Ядоян и др., 1990 и др.).

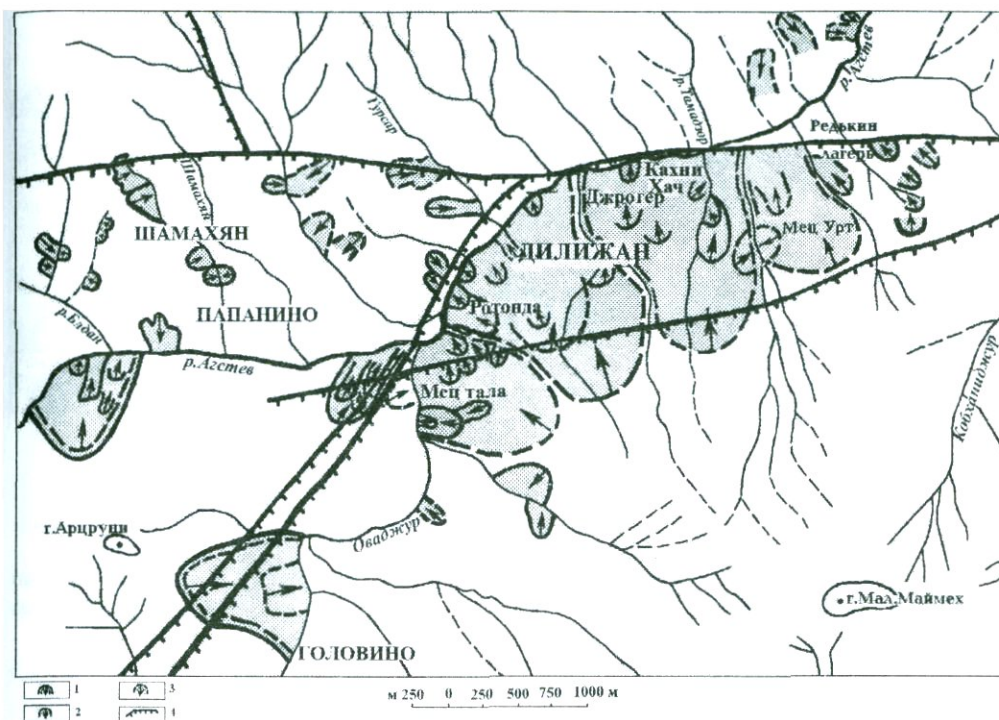


Рис. 9. Размещение наиболее крупных оползней в черте гор Дилижан: 1 – структурные (тектоническо-сейсмогравитационные) оползни, 2 – действующие (активные) оползни, 3 – недействующие оползни, 4 – разломы

Среди Дилижанских оползней (а также других районов Армении) особо выделяются крупные сместившиеся блоки, образовавшиеся в геологическом прошлом и в настоящее время находящиеся в стабилизированном состоянии. Такие сорванные блоки именуется в Армении по-разному: олистостромы (Асланян, 1979), тектоно-сейсмогравитационные сместившиеся тела (Бойнагрян, 1988), сейсмогенно-гравитационные оползни (Саакян, 1990), сейсмогенные оползни (Баласанян и др., 2001; Бойнагрян, 2005).

Древние оползни такого типа на территории гор Дилижан есть в районах Папанино (на участке кирпичного завода), Ахпарашен (на левом склоне р. Оваджур), Головино, Тахта, Тала, Кахни-Хач, Бахтияр. С ними связаны многие в настоящее время активные оползни, которые развиваются на их телах как оползни уже II или III порядков.

В районе Папанино выделяется 16 оползневых проявлений, из них 11 – активные оползни с мощностью сместившихся масс до 16м; в районе Головино – 21 оползень, большинство из которых активные; на участке Бдан-Шамахян имеется 22 оползневых проявлений, и все они – активные оползни мощностью 4-15м (один – до 30м); 13 активных оползней закартировано на участке от Бахтияра до Кахни-Хач.

Активное смещение оползней происходит на участках Госдача, Ротонда (пьяный лес), оползневой цирк (рынок, райсовет, почта), Шамахян, Тахта, Мси Тала, Джрогер и др. (рис. 10).

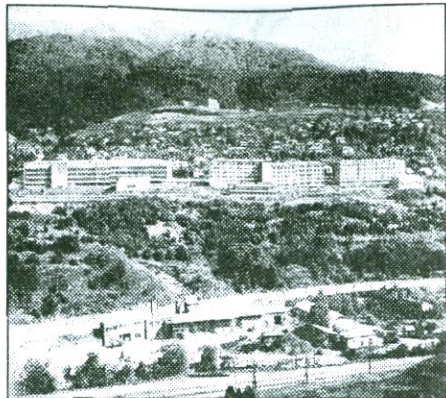
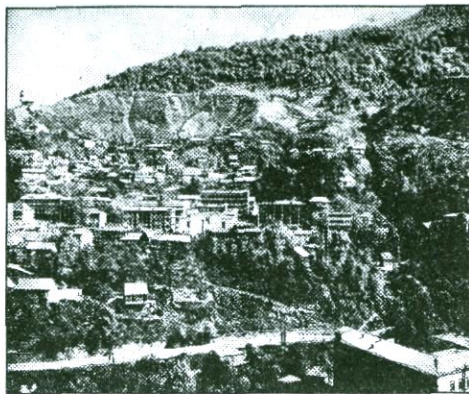


Рис. 10. Оползневые склоны правобережья р.Асстев в черте гор.Дилижан (хорошо видны оползневые цирки и оползневые террасы: последние освоены под городское строительство)

По данным Б.К.Кузикаяна и В.В.Закеяна (1971), в центральной части гор.Дилижан скорость оползневых смещений составляла 24,4-54,2 см/год (средние величины за 2 года наблюдений), а по другим участкам были получены следующие скорости:

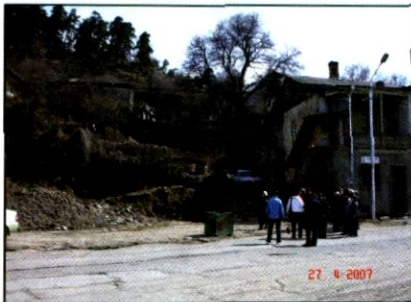
- участок “Пьяный лес”: 1967г. – 13,4см; 1968г. – 52,2см; 1969г. – 44,6см; 1970г. – 63,8см;
- Ереванская улица – репер #121 – 73см/год, репер #149 – 11 см/год;
- Юго-восточная часть оползня у лесхоза: 1967г. – 11,7см; 1968г. – 20см; 1969г. – 20,2см; 1970г. – 23,7см;
- “Ротонда”: 1967г. – 1см; 1968г. – 21см; 1969г. – 21,5см; 1970г. – 27,2см.

По данным повторной фототеодолитной съемки, выполненной в 1977-1980гг. группой специалистов МГУ под руководством Е.А.Золотарева, скорости оползневых смещений составили (средние за 4 года):

- Ротонда (пьяный лес) – 0,15-11,2см/год;
- Оползневой цирк (рынок, почта, райсовет) – 0,4-8,7см/год;
- Шамахан, Штоканаджур – 0,16 – 8,8см/год;
- Тахта - 0,3 – 11,9см/год;
- Мец – Тала - 0,3 – 11,8см/год;
- Джрогер - 0,8 – 15,4см/год;

Минимальное смещение за 4 года было отмечено на оползневом участке “Ротонда” (0,6см), а максимальное – на участке “Джрогер” (61,6см).

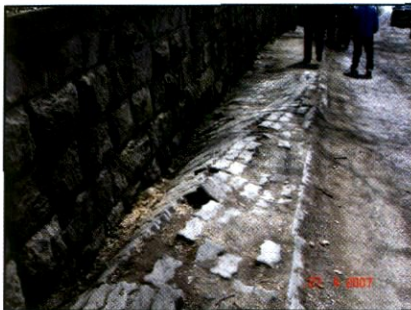
Смещение оползневых масс активизировалось после Спитакского землетрясения 1988г. и особенно после развала СССР, когда прекратилось финансирование противооползневых мероприятий. В результате территория гор.Дилижан находится в весьма плачевном состоянии: оползневые массы “наступают” на улицы, на находящиеся на их пути различные строения; асфальт в центре города “вздыбился” от давления оползневых масс (рис. 11).



а



б



в



г

Рис. 11. Последствия смещения оползневых масс в гор. Дилижан (фото В.Р.Бойнагряна): а, б – оползневые массы наступают на улицы и строения; в – “вздыбившийся” асфальт, г – деформированная от оползневых подвижек каменная лестница

1.5. Оползень Дома кинематографистов

Данный оползень образовался в середине августа 1982г. на теле крупного древнего стабилизировавшегося оползня, который охватывает весь склон на данном участке.

Новообразованный оползень расположен на высоте в среднем 1250м. Он имел длину 90м, ширину – 50м и мощность примерно 14-16м. Это – активный деляпсивный оползень консеквентного характера. Смещение тела оползня произошло по глинистой прослойке делювиально-коллювиальных масс древнего оползня, увлажненных скоплением грунтовых вод. Основной причиной формирования оползня является сбор воды на склоне, удаляемой из подвального помещения главного корпуса (Отчет по геодез. работам..., 1989).

После Спитакского землетрясения 1988г. данный оползень значительно активизировался. В аварийном состоянии оказались коттеджи N 8, 9, 10, а также крыло главного корпуса, обвалилась асфальтовая дорога к коттеджу N 8 (рис. 12).



Рис. 12. Оползень Дома кинематографистов (фото В.Р.Бойнагряна)

1.6. Оползень “Парз-лич”

Оползень “Парз-лич” расположен в долине р.Кобханиджур (правого притока р.Агстев) в 2км к югу от с.Агарцин (Куйбышев) и в 2,5км к западу от с.Гош (на таком же расстоянии по прямой от гор.Дилижан).

Согласно Р.Б.Ядоюну с соавторами (Ядоян и др., 1980), оползневой участок в морфологическом отношении представляет собой крупный ширкообразный амфитеатр, возвышающийся над рекой на 500м и расположенный на абсолютной высоте 1300-1800м. В амфитеатре имеется 7 ступеней, высота которых составляет 20-25м (местами – до 50м) – рис. 13.

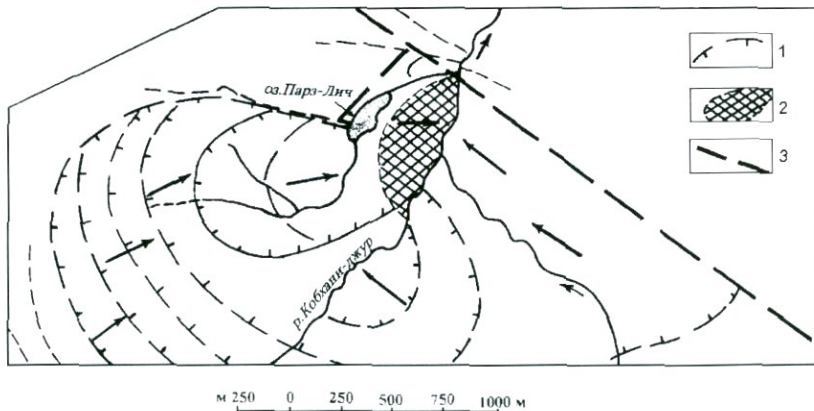


Рис. 13. Схема оползневой участка “Парз-лич” (по: Ядоян и др., 1980): 1 – границы крупных оползневых массивов, 2 – участок активных оползней-обвалов, 3 – тектонические нарушения

В амфитеатре имеется более 40 оползневых тел с присущими оползням характерными внешними элементами: стенками срыва, суффозионными блюдцами и воронками, ступенями и западинами, холмиками, “пьяным” лесом и т.п.

В оползневое смещение здесь вовлечены гидротермально измененные породы мощностью до 10-15м и склоновые рыхлообломочные образования четвертичного возраста мощностью до 45-50м, а также крупные глыбы вулканогенных пород.

Собственно Парзличский участок – это перемещенная часть одной из ступеней вышеназванного амфитеатра. Хорошо выражена стенка срыва, у подножия которого расположено оз.Парз-лич западинно-запрудного генезиса длиной 325м и глубиной до 8м (озеро питается фильтрационными водами и водами впадающих в него ручейков, с восточной стороны оно имеет сток в р.Кобханиджур).

С востока озеро окаймлено валом высотой до 5м и шириной 60-130м. Вал частично застроен и по нему проходит грунтовая дорога. На склоне вала, обращенном к р.Кобханиджур, имеются стенки срыва мелких оползней и оползней-обвалов, которые проявляют признаки активности и смещаются в сторону названной реки, отклоняя все далее на восток ее русло. Активизация оползневых смещений здесь началась после искусственного поднятия уровня озера и частичной застройки вала, а также после землетрясений 1972, 1976 и 1988гг.

В последние годы вновь началось искусственное преобразование озера новым владельцем участка: углубление дна, застройка берегов и вала. Это может спровоцировать фильтрацию вод озера в оползневую массу из-за удаления со дна илесто-глинистого слоя, сильное увлажнение оползневых образований и их катастрофическое смещение с полной ликвидацией оз.Парз-лич – этого прекрасного и живописного уголка Армении.

1.7. Агарцинский оползень

Данный оползень расположен в пределах Дилижанской котловины, в среднем течении р.Агстев, на его правом берегу, у с.Агарцин (Куйбышев). Верхняя абсолютная отметка оползневого участка составляет 1100м, базис эрозии находится на высоте 995м. Он является активизированной частью крупного структурного (тектоническо-сейсмогравитационного) древнего оползня (рис. 14).

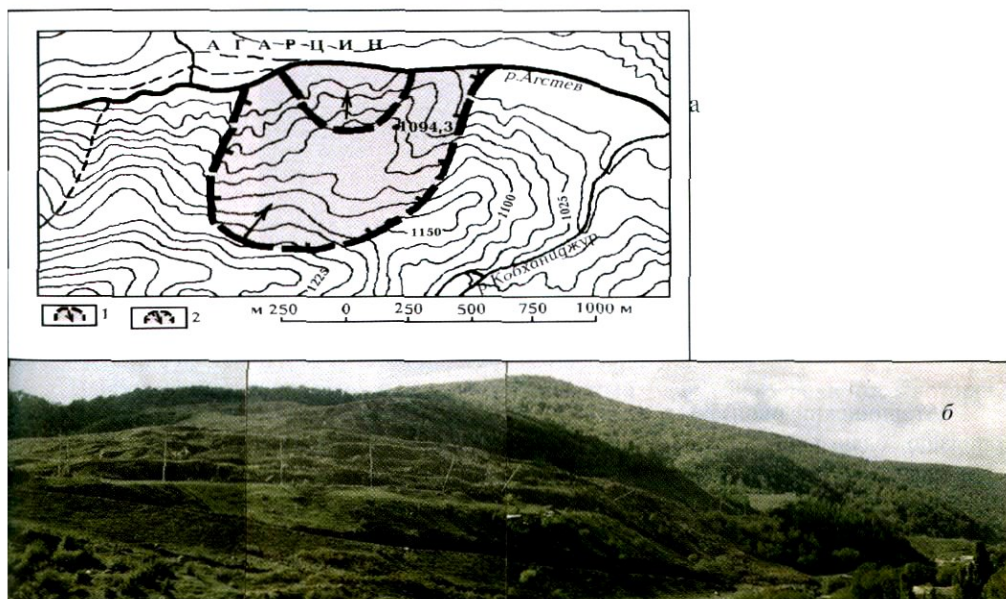


Рис. 14. Агарцинский оползень: а - топографическая карта местоположения оползневого участка: 1 - современный активный оползень, 2 - древний структурный (сейсмогенный) оползень; б - общий вид оползневого участка "Агарцин" (фото В.Р.Бойнагряна, 2000г.)

Первые оползневые явления стали отмечаться на данном участке в восьмидесятых годах XXв., когда для прокладки автомобильной и железной дорог начались подрезки склона без оценки степени его устойчивости и необходимой инженерной защиты.

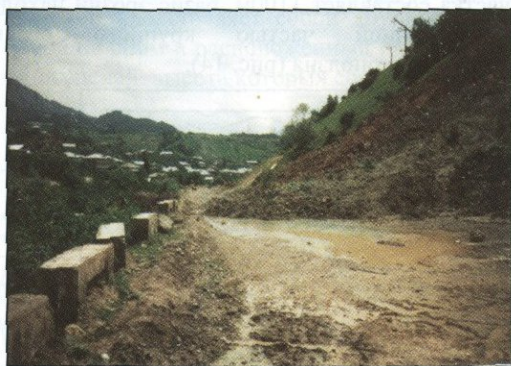
Значительные подвижки впервые произошли в 1985г. на откосе между железнодорожным полотном и автомобильной дорогой. В это же время оползневые процессы начались на склоне выше железнодорожного полотна, что способствовало в 90х годах полному разрушению данного участка железной дороги, а уже в 1996г. оползневое тело перекрыло и автомобильную дорогу (рис. 15).



а



б



в

Рис. 15. Разрушенная оползем железная дорога (а) и перекрытые сползшими массами полотно железной дороги (б) и обходная автомобильная дорога (в) (фото В.РБойнагряна)

Агарцинский оползень в целом по механизму проявления относится к блоковому оползню сдвига, а его восточная часть (восточный блок) со свойственным ему гидрогеологическим режимом и явными признаками суффозионных явлений – к вязкопластичному с суффозионным выносом.

Оползневой участок охватывает площадь в 82000м^2 , длина его составляет 270м, ширина – 300м, объем оползневой массы – 2184000м^3 . В пределах данного оползня выделяется, согласно исследованиям сотрудников Спасательной службы РА и Дилижанской экспедиции ИГН НАН РА, три блока со следующими параметрами (табл. 4 и рис. 16).

Соотношение параметров оползневых блоков участка "Агарцин"
(по: Степанян и др., 2005)

Наименование блока	Площадь		Объем		Глубина захвата, м	Механизм проявления
	м ²	%	м ³	%		
Восточный	37000	45,2	1026000	46,9	23	Вязкопластичный с суффозионным выносом
Центральный	28000	34,1	638000	29,3	22	Блоковый сдвиг
Западный	17000	20,7	520000	23,8	30,5	Техногенный сдвиг

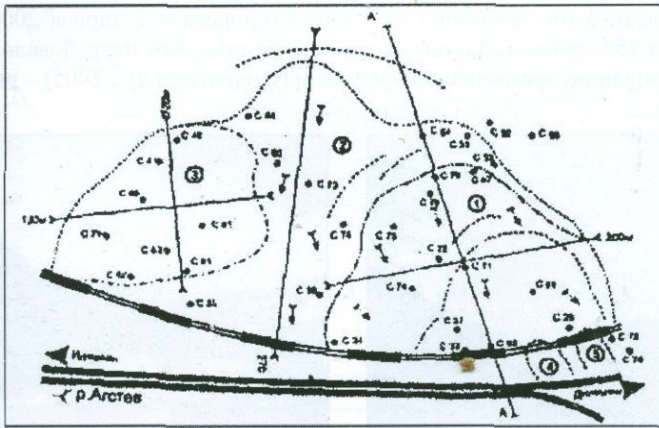


Рис. 16. Схематический план оползневой участка "Агарцин" (по: Степанян и др., 2005)

Верхняя граница оползневой массы выражена бровкой отрыва протяженностью 70-80 м и высотой до 12 м. Западный борт срыва достигает высоты 17 м, восточный выражен нечетко, но его расположение совпадает с зоной трещиноватости, зафиксированной в 1993 г.

Агарцинский оползень развился на склоне, сложенном вулканогенно-осадочным комплексом пород среднего эоцена, покровными среднечетвертичными оползневыми и современными (пролювиальными, аллювиально-пролювиальными, элювиально-делювиальными и озерными) образованиями, представленными глинами, суглинками, галечниками с прослойками супесей и песков (Степанян и др., 2005).

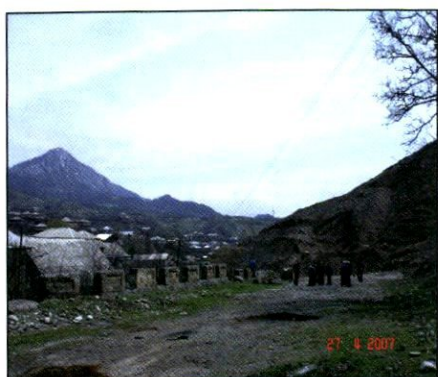
Наибольшей активностью отличается Восточный блок (блок 1), в теле которого выделяется ряд локальных оползневых заколов.

Активное состояние блока I спровоцировало подвижки соседних блоков и формирование единого оползневой массы с одной бровкой отрыва, а также изменение векторов и скорости смещения.

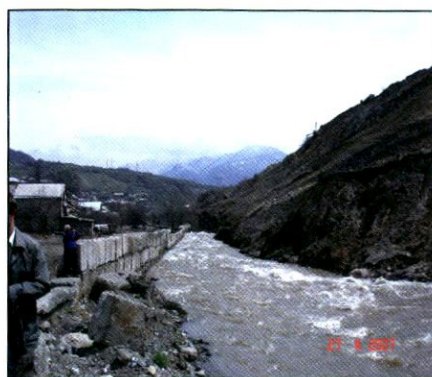
Оползневой блок 1 имеет длину 190 м, ширину 200 м; площадь, занятая им, составляет 37000 м²; объем смещаемой массы – 1026000 м³. Плоскость скольжения проходит на глубине от 15 до 23 м в делювиально-пролювиальных образованиях, местами захватывает гидротермально измененные коренные породы. В языковой части данного оползневой блока имеется ряд трещин разрыва шириной 0,1-2,2 м, длиной от 15 до 45 м и видимой глубиной до 1,2 м.

В строении блока I участвуют рыхлообломочные склоновые образования (делювий, дефлюкций), техногенные накопления, делювиально-пролювиальные образования (линзы бентонитовых глин, глинисто-суглинистые грунты с прослоями дресвы и щебня), аллювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения террас р.Агстев, а также среднеэоценовые коренные породы (андезиты и андезито-дациты) и их измененные разновидности.

В последние 6 лет произошла активизация всего оползневого участка (всех трех блоков) в результате прекращения работ по инженерной защите (создание контрфорса и дренажной системы, разгрузочные мероприятия, частичная пригрузка языковой зоны оползня вдоль полотна железной дороги, а также сооружение пристенного дренажа и нагорных канав для перехвата атмосферных и техногенных вод) из-за отсутствия финансирования. Последствием этого стало катастрофическое смещение земляных масс и фактическое объединение всех трех оползневых блоков. Полностью разрушено железнодорожное полотно, выведена из строя автодорога и 3 апреля 2001г. произошло запруживание на 75% русла р.Агстев на данном участке, что потребовало колоссальных расходов на ликвидацию чрезвычайной ситуации (Степанян и др., 2005) – рис. 17.



а



б

Рис. 17. Перекрытая оползем автодорога (а) и обрушившиеся в русло р.Агстев оползневые массы (б) (фото В.Р.Бойнагряна)

27 мая 2005г. новые подвижки оползня перекрыли русло р.Агстев, в результате чего были затоплены нижние этажи 24 домов с их приусадебными участками.

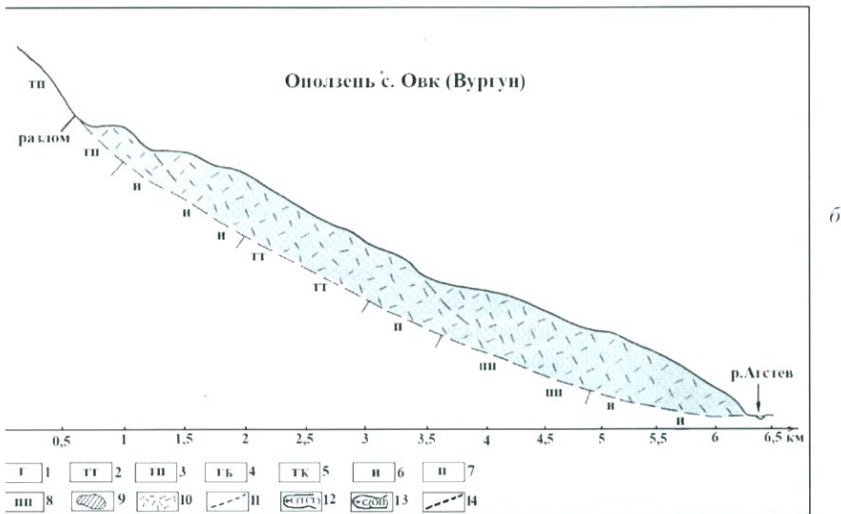
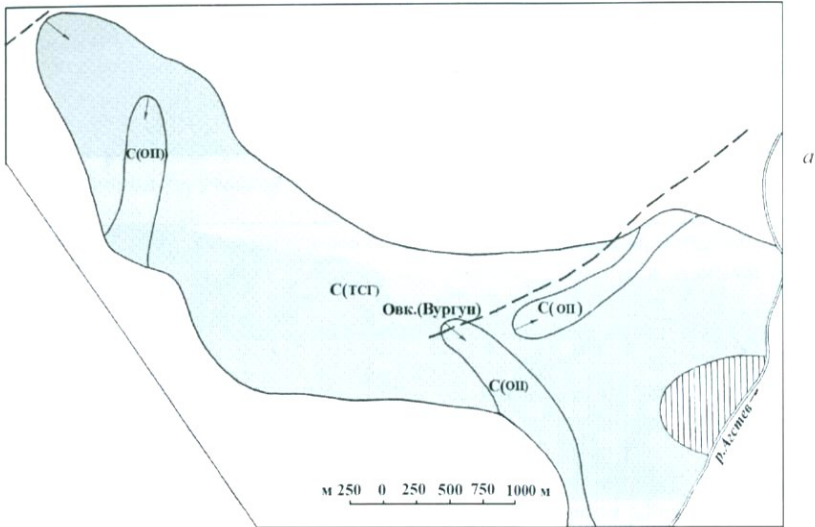
28 апреля 2006г. повторные подвижки оползня привели снова к перекрытию русла р.Агстев и затоплению 5га территории с 25 домами и сельской школой (в ее северном корпусе высота уровня воды составляла 1,2м).

В настоящее время ситуация на оползневом участке “Агарцин” крайне критическая. Оползневые подвижки охватывают все новые площади не только вширь, но и вверх по склону и вниз по глубине. Фактически остановить этот громадный оползень в его смещении уже весьма сложно, если вообще это возможно.

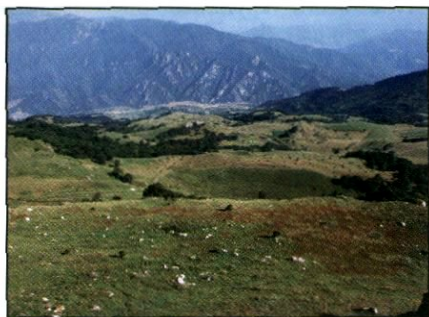
1.8. Овкский оползень

Овкский (Вургунский, Ахкихлинский) оползень-поток длиной 5-5,5км (4,8км – Исследов. по управл. ..., 2004) и шириной в среднем около 1,5-2,0км расположен на юго-восточном склоне Иджеванского хребта, на левом склоне долины р.Агстев, в 2,5км ниже устья р.Гетик. Он охватывает территорию с.Овк и своей языковой частью достигает

р.Агстев. В северной части села на теле этого крупного оползня-потока ляется два активных оползня II порядка: северный (длиной 1,6км) и южный й 1,9-2км) потоки оба шириной около 150-200м. В вершинной части основного я обособляется еще один активный оползень II порядка длиной около 1км и цийся почти строго на юг (рис. 18-19).



18. Овский (Вургунский) оползень-поток на левобережье р.Агстев (по: Бойнагрян, 2007) а - план оползня, б - разрез; условные знаки для всех разрезов: 1 - терригенные породы, 2 - терригенные породы, 3 - туфопесчаники, 4 - туфобрекчии, 5 - туфокогломераты, 6 - няки, 7 - порфиристы, 8 - плагиопорфиры, 9 - выступ несдвинутых пород, 10 - оползневые образования, 11 - предполагаемая поверхность скольжения, 12 - древние тектоно-гисмо-гравитационные оползни-блоки и оползни-потоки, 13 - молодые (голоценовые и современные) оползни, 14 - предполагаемые линии разломов



а



б



в

Рис. 19. Овкский оползень: а – общий вид на оползневое тело с севера; б – активная часть оползневой блока на территории одноименного села; в – карстовая воронка, способствующая концентрации и инфильтрации атмосферных осадков, увлажняющих оползень (фото Д.Г.Аракеляна)

Овкский оползень-поток впервые исследовали Г.Д.Саакян и К.А.Гулакян еще в 1958г. В дальнейшем в изучении этого оползня участвовали В.О.Заргарян, Г.Е.Манукян, З.А.Сапонджян, Р.Р.Галстян, А.П. Саркисян, А.С.Оганесян (конец шестидесятых и начало семидесятых годов XXв.). С 1978г. данный оползень исследовали сотрудники Дилижанской экспедиции ИГН НАН РА и сотрудничающие с ними специалисты из других организаций (см. выше).

На основании многолетних исследований общая картина Овкского оползня-потока рисуется следующим образом (Саакян, 1989).

- Оползень начал формироваться еще в верхний плиоцен-нижнечетвертичное время, когда, согласно А.Т.Асланяну (1958), на Малом Кавказе усилились дифференцированные движения блоков земной коры, что спровоцировало оживление тектонических разрывов и крупных гравитационных блоковых смещений в виде крупных оползней.

На первой стадии образования Овкского оползня произошло обрушение поднятых блоков и формирование гигантского обвала, когда с карниза Иджеванского хребта сорвались крупные блоки известняков и доломитов и сместились по поверхности гидротермально измененных до глинистого состояния пород зоны тектонических нарушений до поверхности древней (нижнечетвертичного возраста) террасы р.Агстев (ее высота над современным руслом составляет 85-100м).

- На второй стадии, в средне-верхнечетвертичное время, произошло поднятие Иджеванского хребта и углубление долины р.Агстев, что сопровождалось образованием гигантского оползня скольжения на теле древнего стабилизированного оползня-обвала.

Сместившиеся массы (раздробленные и сильно выветрелые известняки, доломиты и туфогенные породы с глинисто-суглинистым заполнителем) перекрыли галечники террасы высотой 40-50м. Этот оползень (второй снизу ярус) в настоящее время также находится в стабилизированном состоянии.

- В голоцене (III стадия) произошло дальнейшее углубление долины р.Агтев и образование оползня течения (в смещение были вовлечены суглинки и глины с включениями обломков известняков и доломитов верхних горизонтов оползня скольжения - II яруса), который активен и в настоящее время и смещается со скоростью от нескольких до десятков сантиметров в год.

Грунтовые воды залегают на глубине 1,5-9,7м; на теле оползня есть три озера (площадь наиболее крупного из них составляет 500м²); в головной части оползня имеются выходы шести родников со средним дебитом 0,7-1,8л/сек; в средней части оползня имеется заболоченный участок площадью 550-600м², который обильно увлажнен в течение почти всего года.

- На теле этого активного оползня (третьей стадии развития) в настоящее время (IV стадия) формируются небольшие активные оползни с многочисленными трещинами растяжения. Их образование связано в основном с антропогенными причинами (подлив склона, утечки воды из водопроводов, подрезки склона при строительных работах и его сотрясения при прохождении транспорта и т.п.), а также с зимне-весенними дождями, переувлажняющими оползневые массы (отсюда, активизация подвижек в зимне-весенний период). Эти оползни крайне неустойчивые, они смещаются со скоростями от нескольких десятков сантиметров до 1,5м в год.

А.Г.Аслаяна (1979) считает, что Овкский оползень не раз запруживал долину р.Агтев, формируя озеро, которое протягивалось вверх до устья р.Гетик.

В 2004г. в период с июня по август на участке Овкского оползня (117 километр) были зафиксированы оползневые подвижки со скоростями от 0,7см до 23,6см в месяц и деформации автомагистральной (Исслед. по управл..., 2004) – рис. 20.

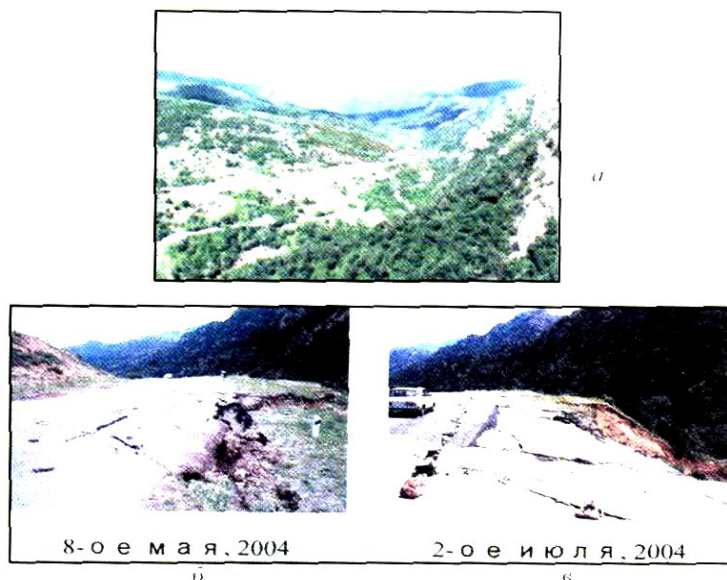


Рис. 20. Овкский оползень (по: Исследов. по управл..., 2004): а - общий вид 117-го километра автомагистрали М-4; б, в - деформация автомагистрали 16-8 мая 2004г., в - 2 июля 2004г.)

Общая мощность сместившихся масс у с.Овк составляет, по данным бурения, 110-160м. В верхней части они представлены жирными и карбонатизированными супесями, суглинками и глинами с включениями щебенки и глыб известняков. Верхняя оползневая масса отличается пылеватостью, повышенным содержанием CaCO_3 (до 32 – 44%), число пластичности грунта составляет 12-26. Эта толща сместилась по жирным и пластичным глинам невысокой плотности, залегающим на глубинах 40-50м. Молодые оползневые образования подстилаются глыбами известняков, которые сместились по поверхности измененных до глинистого состояния дацитовых порфиритов (Бойнагрян, 2007).

1.9. Оползни нижнего участка долины р.Агстев (от гор.Иджеван до границы с Азербайджаном)

На участке нижнего течения р.Агстев (в пределах Армении) выделяется несколько крупных тектоно-сейсмогравитационных сместившихся тел (сейсмогенных оползней), которые размещены в основном на левом склоне его долины в районе сс.Гетаовит, Енокаван, Ачаджур (это – северо-восточный склон Иджеванского хребта и восточные отроги хребта Гугарац) и лишь один из них сформировался на правом склоне долины у с.Хаштарак (на западном склоне Ахумского хребта) – рис. 21.

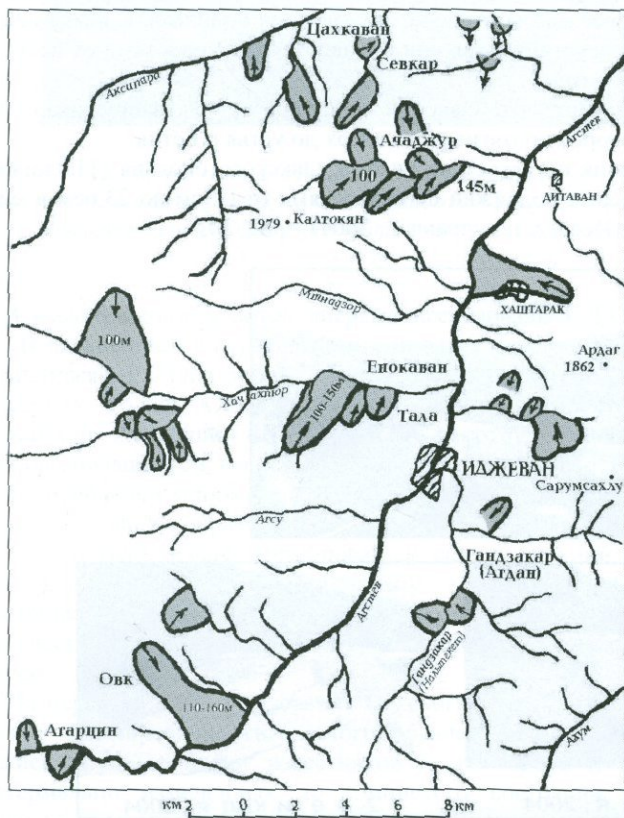


Рис. 21. Размещение сейсмогенных оползней на участке нижнего течения р.Агстев

Довольно большие мощности сместившихся масс характерны для Кызылкаинского (100м), Енокаванского (100-150м), Ачаджурского (130-145м) оползней, представляющих собой крупные сейсмогенные оползни-потоки и оползни-блоки длиной до 3-4км и

шириной от 150м до 2-3км. Вертикальное их смещение составляет 100-200м, а горизонтальное достигает 500-600м (Кызылкаинский, Енокаванский), что характерно для сейсмогенных оползней (преобладание величины горизонтального смещения над вертикальным).

Вышеназванные оползни активные, характеризуются медленными смещениями с расширением трещин растяжения. В с.Ачаджур отмечаются повреждения жилых и подсобных помещений.

У с.Ачаджур оползневая масса представлена щебенисто-дресвяной толщей с суглинистым и супесчаным заполнителем и крупными глыбами, а также суглинками и глинами без включений крупнообломочного материала. Вся эта масса сместилась по сильно выветрелым (местами до глинистого состояния) порфиритам (Бойнагрян, 2007).

Крупным, частично активным, сейсмогенным образованием является и Хаштаракский оползень-поток длиной около 4км, сместившийся с западного склона небольшого отрога Ахумского хребта. Вертикальная амплитуда смещения этого оползня составляет 250-300м. Стенка отрыва хорошо выделяется по топографическим картам и на местности своей значительной крутизной (рис. 22).

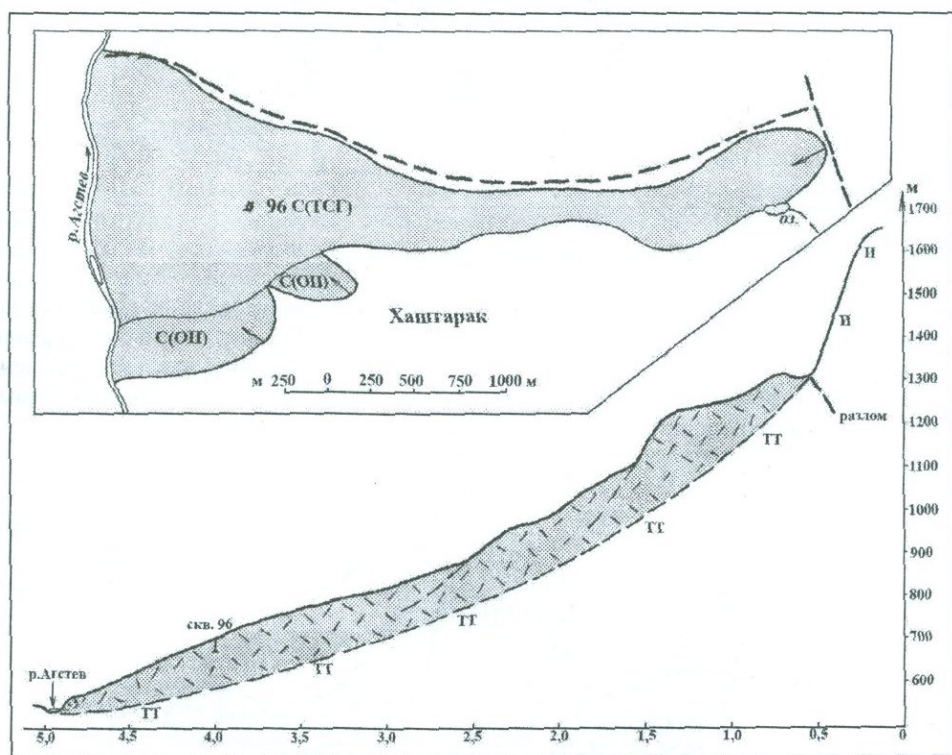


Рис. 22. Хаштаракский оползень (по: Бойнагрян, 2007): верху – план, внизу – разрез (условные обозначения см. рис. 18)

1.10. Оползни бассейна р.Гетик

Довольно широко распространены оползни в бассейне р.Гетик – правого притока р.Агстев. Здесь известны Гопский, Хачардзанский (Поладский), Дпрабакский (Чайкендский), Айгутский (Гелкендский), Барепатский (Бариабадский), Маргунинский и др. оползневые участки, характеризующиеся крупными сейсмогенными оползнями-блоками и оползнями-потоками, а также многочисленными мелкими оползнями (рис. 23).

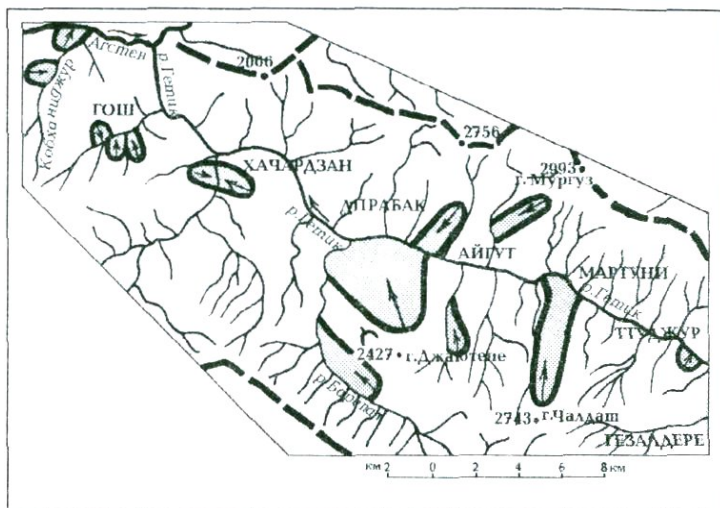


Рис. 23. Схема размещения крупных оползней в бассейне р.Гетик

У с.Гопш выделяется три оползневых тела – одно на левом и два на правом склоне долины р.Гопш. Среди них наиболее четко выделяется Гёлгёлский оползень-поток длиной примерно 1,5км, шириной до 250-300м и мощностью до 100м. Вертикальное смещение тела оползня составляет 80-90м, горизонтальное – до 300-400м. У подножия стенки срыва оползневое тело расположено оз.Гёлгёл (длина озера 175м, ширина 75м) (рис. 24).

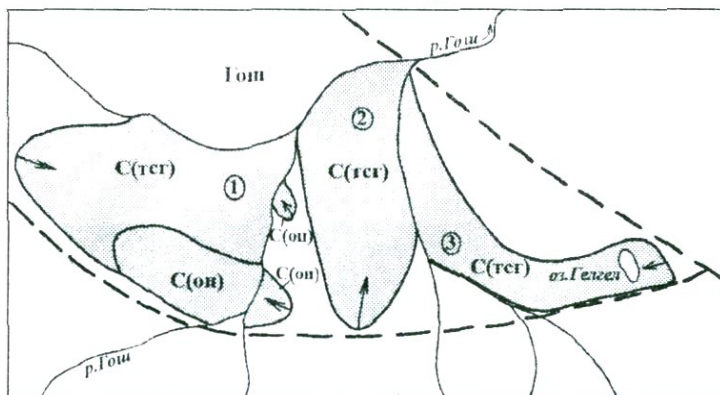


Рис. 24 а - Гопские оползни на левобережье р.Гетик (по: Бойнагрян, 2007) – плановое положение оползней

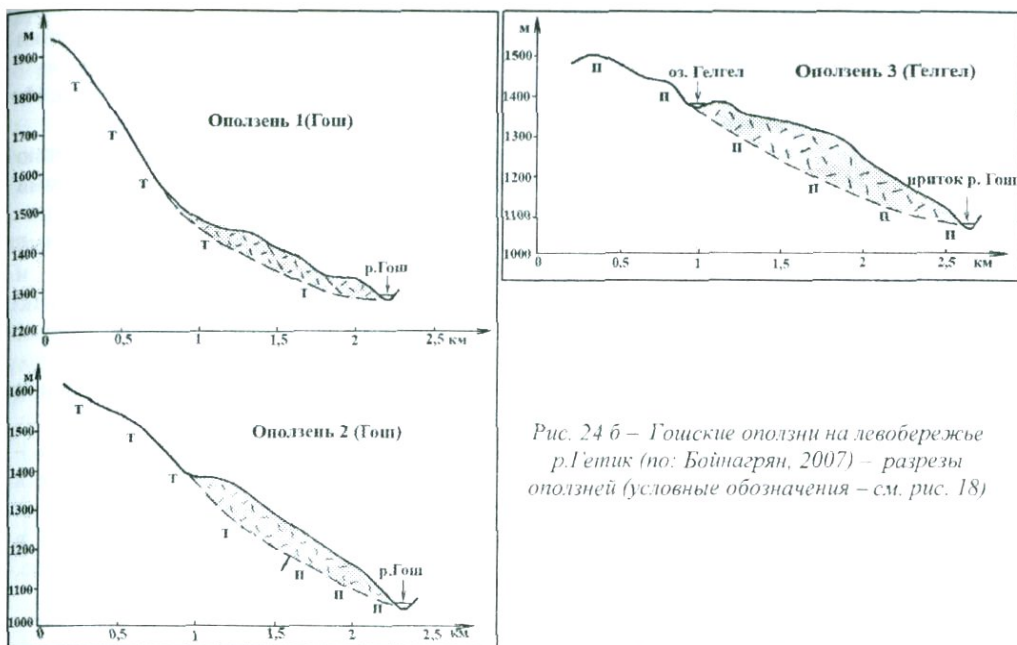


Рис. 24 б – Гошские оползни на левобережье р. Гетик (по: Бойнагрян, 2007) – разрезы оползней (условные обозначения – см. рис. 18)

У с. Хачардзан (Полад) расположены два крупных сейсмогенных оползня, сорвавшихся с крутых склонов долины одноименной реки и достигших ее русла. Левый оползень (N4) состоит из двух блоков, придавших ему ступенчатый характер. Нижний блок сформировался на теле древнего оползня и выделяется некоторой активностью (рис. 25).

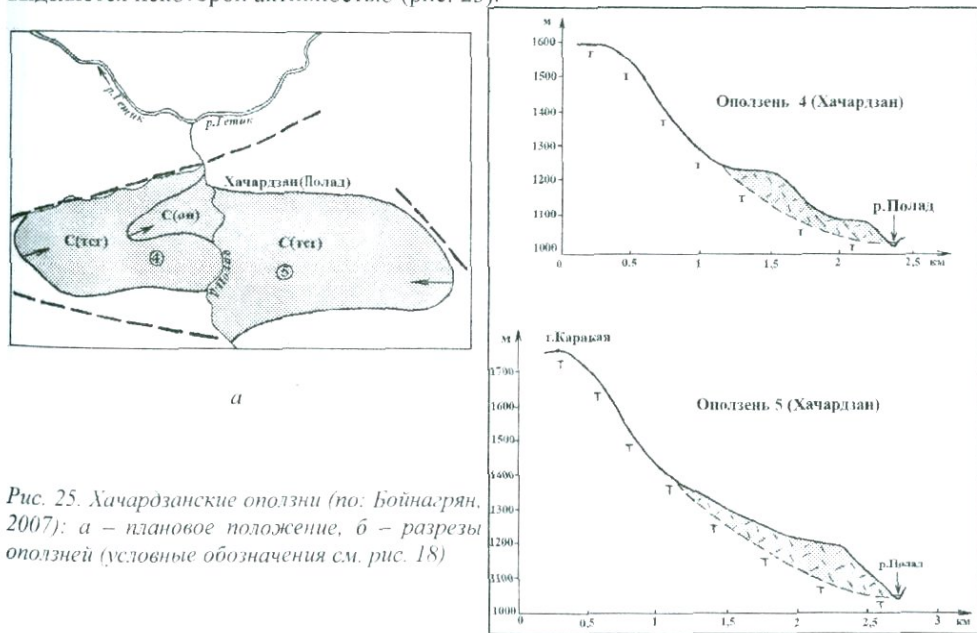


Рис. 25. Хачардзанские оползни (по: Бойнагрян, 2007): а – плановое положение, б – разрезы оползней (условные обозначения см. рис. 18)

На левом берегу р. Гетик, у с. Дрбак (Чайкенд), в устье реки Бариапат расположен крупный (длина около 4 км, ширина до 3,5 км) сейсмогенный оползень-блок.

характеризующийся активным смещением со скоростями от 16 до 28 см в год. Бровка стенки отрыва оползня возвышается над руслом р.Гетик на 500м, а высота самой стенки не превышает 1 – 1,5м.

Поверхность оползня имеет бугристо-холмистый, местами ступенчатый рельеф. На нем отмечаются многочисленные заболоченные участки и небольшие озера.

В оползневое смещение вовлечена толща четвертичных образований мощностью 21-73м, представленная влажными, вязкими, комковатыми, жирными, пылеватыми глинами (реже – суглинками и супесями) светло – до темно-коричневого и желтовато-серого цвета с включениями дресвы, щебня и обломков вулканогенных пород (каменный материал составляет 25-40%). Отдельные линзы образуют глыбово-щебенистые и дресвяно-щебенистые накопления с супесчаным заполнителем. Данная толща ползет по поверхности слабо измененных, выветрелых порфиритов, туфобрекчий и кварцевых порфиритов.

Поверхность скольжения характеризуется значительным наклоном: в головной части - 34° , в центре оползня - 27° , в языковой части - 21° .

На левом берегу р.Гетик выделяется еще один крупный сейсмогенный оползень – Мартунинский оползень-поток длиной до 6,5 – 7км и шириной 1,3 – 1,5км. Головная часть оползня находится на высоте 2600м, язык оползня, вышедший к руслу р.Гетик, - на высоте 1700м (перепад высот составляет 900м). Оползень отклонил русло на 1км в противоположную сторону от его первоначального прямолинейного направления (рис. 26).

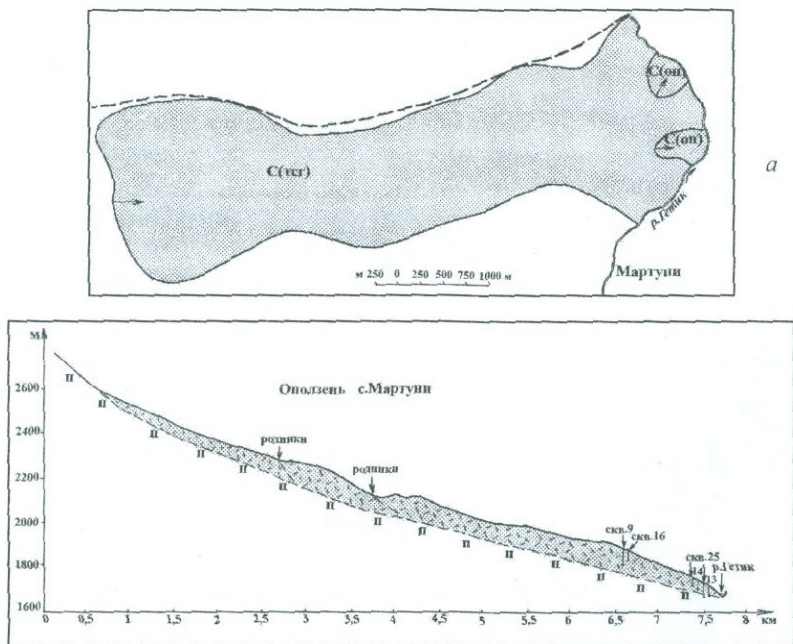


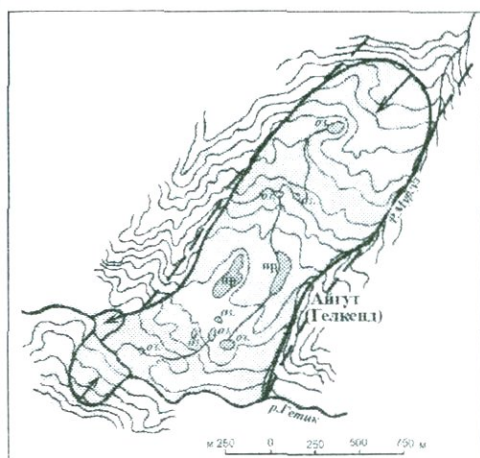
Рис. 26. Мартунинский оползень-поток на левобережье р.Гетик (по: Бойнагрян, 2007): а – плановое положение оползня, б – разрез оползня (условные обозначения см. рис.18)

Здесь сместились вязкие и жирные глины, суглинки, супеси и дресвяно-щебенистые грунты по поверхности гидротермально измененных, каолинизированных и оталькованных порфиритов. В образовании этого оползня – потока существенную роль сыграли не только землетрясения, но и многочисленные родники, выходящие у подножий склонов, окаймляющих оползень с востока и запада, и сильно увлажняющих глинистые

грунты зоны проходящих здесь разломов. Поэтому неудивительно, что переувлажненная родниковыми водами рыхлообломочная толща под воздействием сейсмических сотрясаний приобрела вязко-текучую консистенцию и в виде потока устремилась вниз со склона.

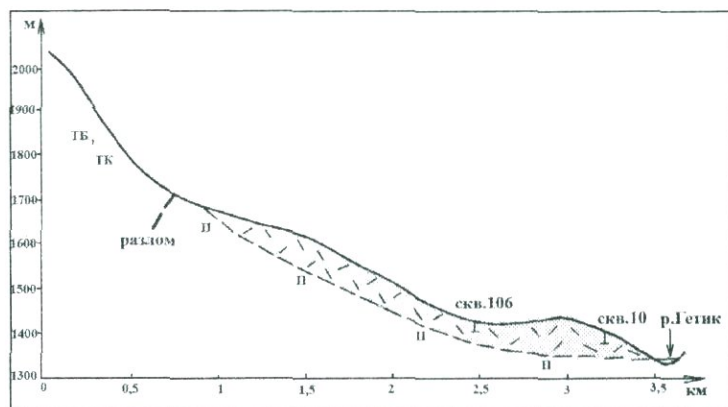
В настоящее время активной является лишь языковая часть оползня. Эта активизация древнего стабилизировавшегося оползня связана в основном с подмывом "языка" оползня водами р.Гетик, а также с утечками воды из водопроводов, застройкой оползня различными строениями. Зеркало скольжения расположено на глубине от 19 до 38 м.

Из правобережных оползней наиболее известным является Айгутский (Гелкендский) оползень-поток, который четко фиксируется ограничивающими его с СЗ и ЮВ разломами, бугристым рельефом поверхности, наличием суффозионных западин и мелких озер и значительным (до 500м) горизонтальным смещением его "языковой" части (рис. 27).



а

Рис. 27. Айгутский (Гелкендский) оползень-поток на правом берегу р.Гетик (по: Бойнагрян, 2007): а – плановое положение, б – разрез (условные обозначения см. рис. 18)



б

Здесь ползут глины, суглинок и щебенисто-древяная толща с обломками и глыбами порфиринов с суглинистым заполнителем по поверхности гидротермально измененных порфиринов темно-серого и черного цвета. Мощность смещающейся массы составляет 25-51,6 м.

2.1. Оползни бассейна р.Памбак

В бассейне р.Памбак известно несколько оползневых участков, где имеются достаточно крупные оползни: Торчekanский (в долине р.Чичкан), Лернанцкий, Цахкабердский, Лернаджурский (Байдакский) и др. (рис. 28).

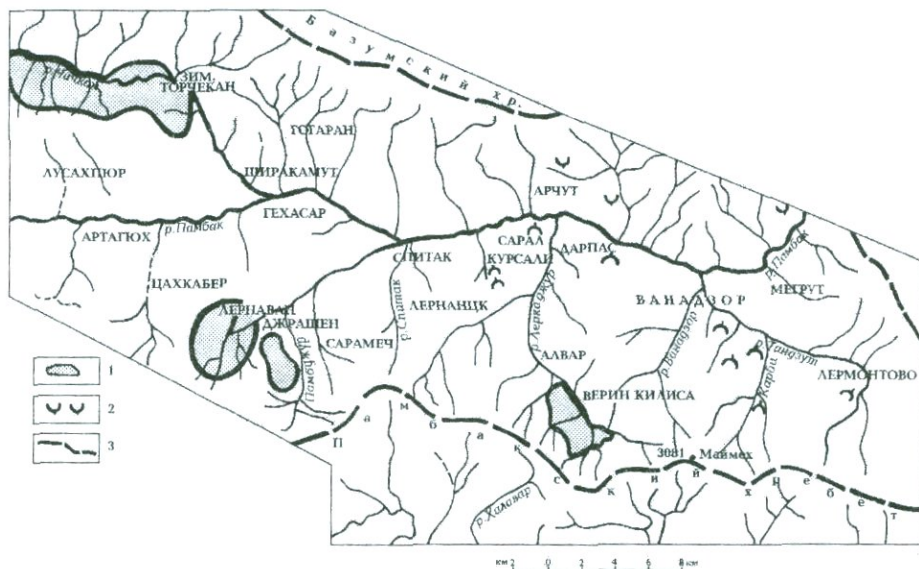


Рис. 28. Схема размещения оползневых участков в бассейне р.Памбак: 1 – участки интенсивного проявления оползневых процессов, 2 – отдельные оползни, 3 – водораздельная линия Базумского и Памбакского хребтов

Развитие оползневых процессов здесь обусловлено широким развитием рыхлообломочных склоновых образований (суглинки, супеси тяжелые, глины), крутыми и выпуклыми склонами, наличием ослабленных зон и т.п.

Довольно детально изучены оползни бассейна р.Лернаджур (Байдак) С.П.Бальяном и территории гор.Ваназор с его окрестностями (Степанян и др., 2007).

2.1.1. Оползни бассейна р.Лернаджур (Байдак)

Бассейн р.Лернаджур (Байдак) – правого притока р.Памбак – характеризуется сложным геолого-геоморфологическим строением, способствующим формированию оползней. Здесь распространены среднеэоценовые порфириды, туффиты, туффоспесчаники, туфобрекчии, а также сильно дислоцированные осадочные и вулканогенные породы и раздробленные гранодиориты и кварцевые диориты, прорывающие эоценовые образования. В приконтактных частях интрузий имеются гидротермально измененные породы, способствующие образованию оползней.

В бассейне р.Лернаджур имеется два крупных разлома, один из которых косо пересекает долину реки, второй простирается почти параллельно ей. Между разломами находятся интрузивные тела.

Левый склон долины характеризуется выпуклой формой и значительной крутизной (до $40-50^{\circ}$). Угол падения пород составляет $30-40^{\circ}$ и их пласты почти параллельны наклону склона. На этом склоне обнажаются гидротермально измененные породы, имеются выходы родников с постоянным дебитом. Склон в целом неустойчив, предрасположен к формированию оползней.

Правый склон более устойчив, здесь нет гидротермально измененных пород, а падение пластов обратное относительно склона.

На левом склоне долины р.Лернаджур имеется два крупных оползня-обвала (рис. 29).

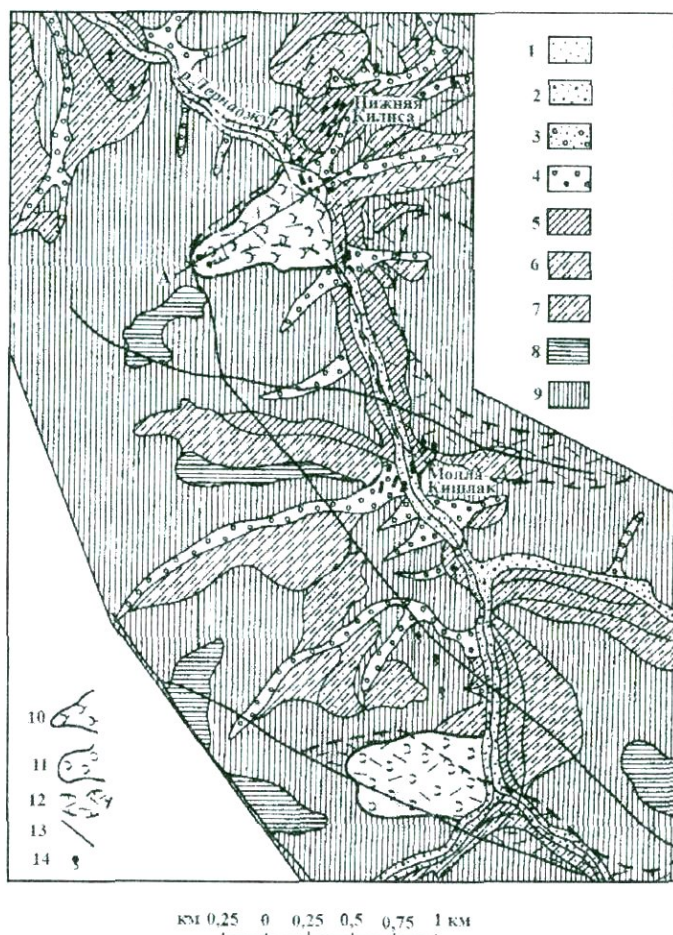


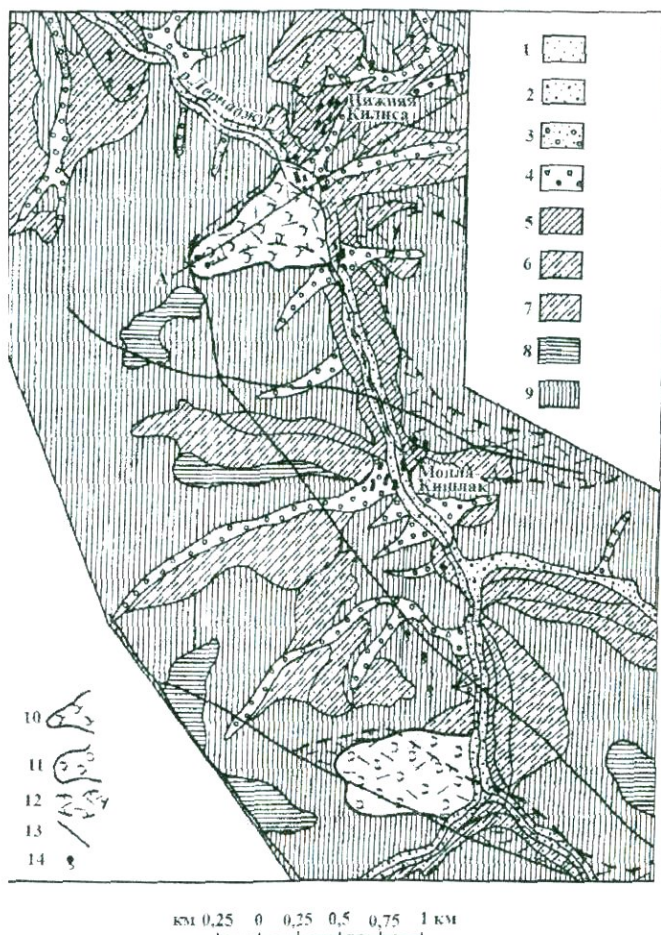
Рис. 29. Инженерно-геологическая карта части бассейна р.Лернаджур (Байдак): 1 – аллювий поймы и террасы, 2 – аллювио-пролювий притоков, 3 – пролювий конусов выноса,

4 – делювио-пролювий конусов выноса и шлейфов подножий пологих склонов, 5 – делювиальные накопления шлейфов и подножий (мощность более 5м), 6 – делювиальные накопления средней части склона (мощность 3-5м), 7 – делювиальные накопления в верхней части склона (мощность 1-2м), 8 – элювио-делювий, 9 – обнаженные скалы крутых склонов, 10 – оползень 1968г., 11 – оползень 1946г., 12 – гидротермально измененные породы, 13 – разломы, 14 – родники

склон долины характеризуется выпуклой формой и значительной крутизной. Угол падения пород составляет 30-40° и их пласты почти параллельны наклону. На склоне обнажаются гидротермально измененные породы, имеются выходы постоянным дебитом. Склон в целом неустойчив, предрасположен к оползням.

Склон более устойчив, здесь нет гидротермально измененных пород, а вот обратное относительно склона.

На склоне долины р.Лернаджур имеется два крупных оползня-обвала (рис. 29).



Инженерно-геологическая карта части бассейна р.Лернаджур (Байдак): 1 – мы и террасы, 2 – аллювио-пролювий притоков, 3 – пролювий конусов выноса, 4 – пролювий конусов выноса и шлейфов подножий пологих склонов, 5 – шлейфы накопления шлейфов и подножий (мощность более 5м), 6 – делювиальные шлейфы средней части склона (мощность 3-5м), 7 – делювиальные накопления в части склона (мощность 1-2м), 8 – элювио-делювий, 9 – обнаженные скалы склонов, 10 – оползень 1968г., 11 – оползень 1946г., 12 – гидротермально измененные породы, 13 – разломы, 14 – родники

Первый из них, **Молла-Кишлакский оползень**, расположен в 1,5 км выше одноименного села и образовался, по-видимому, между 1945-1950 гг. Это – стабилизировавшийся оползень площадью 0,36 км² и объемом около 600 тыс.м³ на высоте 400 м над руслом реки. Глубина захвата склона оползнем в головной части составляет 10-25 м, средней – 30-35 м, у подошвы – более 60 м. Вертикальное смещение оползня не превышает 30-35 м.

Оползень имеет ступенчатое строение и состоит из пакетов и глыб гидротермально измененных пород (каолинизированных и пиритизированных эффузивов). Вдоль правой плоскости срыва этого оползня-обвала проходит крупный сброс. В настоящее время его поверхность задернована и новых подвижек не отмечается.

Второй оползень-обвал (**оползень села Нижняя Килиса**) сорвался с левого склона долины р.Лернаджур 27 апреля 1968 г. и вышел на правый склон, перекрыв правобережную надпойменную террасу вместе с селом Нижняя Килиса и захоронив под собой 30 домов и 34 жителя. За оползнем за очень короткое время образовалось запрудное озеро глубиной около 10 м, длиной 600-650 м и шириной у створа запруды 150-200 м (рис. 30).



Рис. 30. Лернаджурский (Байдакский) оползень-обвал, перекрывший р.Лернаджур с образованием озера

Для спуска воды была прорыта канава глубиной 4-6 м и за короткий срок озеро было осушено.

Еще в 1967 г. на склоне появились трещины, а признаки начала срыва ослабленного массива отмечались за несколько дней до катастрофы. Сам оползень-обвал произошел очень быстро, за 30 минут, но с небольшими интервалами, поэтому удалось вывести детей из здания школы.

Непосредственными причинами оползня были быстрое таяние снегов в теплые апрельские дни 1968 г. на склоне и переувлажнение грунта, а также подмыв склона водами реки при весеннем подъеме уровня воды.

Оползень имел форму равнобедренного треугольника с высотой в 500 м. Ширина оползня в его языковой части составляла 400 м; мощность оползневых масс в русле реки превышала 30-35 м, в средней части – 20-25 м, в верхней части – 6-8 м; объем сползших масс – 500 тыс.м³.

Оползень-обвал состоял из 4 крупных ступеней, отделенных друг от друга уступами высотой 30-40 м (рис. 31).

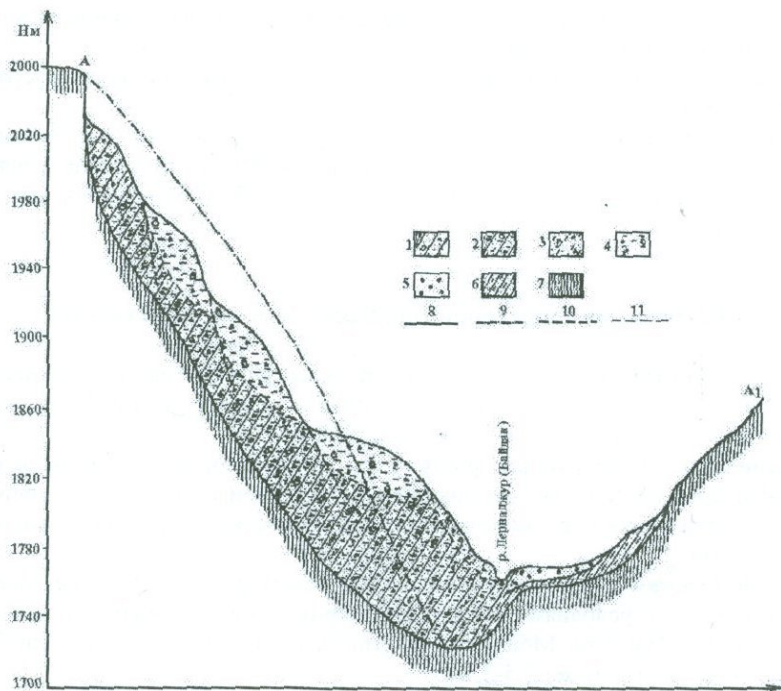


Рис. 31. Разрез оползня-обвала с. Ниж. Килиса: 1 - щебень крупный с супесчано-суглинистым заполнителем; 2 - суглинок и глина со щебнем; 3 - щебень крупный с глыбами и супесчаным заполнителем; 4 - глина со щебнем; 5 - аллювий террасы; 6 - делювий; 7 - скалы; 8 - современная поверхность оползня; 9 - контур склона до оползневого смещения; 10 - границы оползневых ступеней; 11 - литологические границы

Нижняя ступень возвышалась над руслом реки на 10-15м, образуя широкую площадку с ровной поверхностью. Следующие три ступени возвышались друг над другом примерно на 30-40м. Вторая и третья ступени имели наклон в сторону русла, а четвертая - к склону. Над суженной головной частью оползня нависает 35-40-метровый циркообразный крутой (до обрывистого) уступ, представляющий собой стенку отрыва оползня-обвала.

Оползневые накопления состоят из двух комплексов:

- желтоватых суглинисто-супесчаных накоплений с щебенистым скелетом, образовавшихся за счет смещения и последующего разрушения (раздробления, перетирания) гидротермально измененных, сильно пиритизированных и каолинизированных эффузивов; этот комплекс составляет 2/3 массы оползня;
- серых щебенисто-глыбовых накоплений с супесчано-суглинистым заполнителем, образовавшихся за счет перехвата оползнем обнажающихся на крутой части склона устойчивых невыветрелых эоценовых порфиритов (1/3 массы оползня).

Контакт между этими двумя комплексами оползневых накоплений проходит на теле оползня по извилистой линии, ориентированной несколько диагонально по отношению к главной плоскости срыва.

Формирование и срыв данного оползня-обвала были predeterminedены гидрогеологическими условиями на фоне крутого выпуклого склона:

- на верхней ступени оползня у подножия стенки срыва имелись выходы двух родников с общим дебитом около 3л/сек.; вода из них постоянно просачивалась в трещины коренных пород еще задолго до образования оползня;

- в трещины коренных пород просачивались и талые воды, ослабляя массив пород и заполнив трещины на 15-20м.

Поступление в дальнейшем талых вод в уже сформировавшееся тело оползня создает дополнительную нагрузку на оползень, увеличивая и гидростатическое давление, что может спровоцировать новое смещение с образованием многоступенчатых оползней делясивного типа.

2.1.2. Оползни территории гор. Ванадзор и его окрестностей

На территории гор. Ванадзор и его окрестностей развиты оползни-обвалы, оползни течения и оползни скольжения, которые занимают площадь в 149,4 га (20% общей площади, занятой оползнями в Лорийской области) (табл. 5).

Оползни-обвалы широко распространены на территории Ванадзора и связаны с интенсивной подрезкой склонов, увеличением техногенной нагрузки. Они приурочены к участкам распространения коры выветривания магматических пород. Их размеры в плане составляют 50х20м.

Оползни течения приурочены к чехлу склоновых рыхлообломочных образований. Их развитие связано с условиями обводнения пород склона. Размеры оползней течения составляют в плане 100х50м. Мощности оползневых образований не превышает 6-8м. а скорость их смещения достигает 2,5-3,5м/год.

Оползни скольжения развиты преимущественно в пределах левого склона р.Тандзут и правобережных склонов р.Памбак (особенно в центральной части г.Ванадзор). Смещаются склоновые рыхлообломочные массы и аллювиальные накопления по поверхности вулканических пород. Скорость скольжения незначительная.

Исследования показали, что оползни течения здесь характеризуются определенной стадийностью. Выделяются стадии временной стабилизации (5-8 лет), активной подготовки и катастрофического смещения. Была определена также связь между оползневым смещением и интенсивностью выпадения осадков, переувлажняющих оползнеопасные склоны. Это позволило прогнозировать активизацию оползней течения с использованием метода гармонического анализа (Достоверность и оправдыв. 1984).

Проверка 20-летнего прогноза в течение 1996-2000гг. подтвердила 5-летний ритм площадной активизации оползней течения во времени (рис. 32).

Отдельную группу оползней, значительно осложняющих освоение склонов рассматриваемого участка, образуют оползни сдвига (блочное смещение), которые характеризуются жестким смещением в виде блоков объемом до 0,3 – 0,8млн.м³. Такой оползень мощностью до 25-30м есть на правом склоне долины р. Тандзут в гор.Ванадзор.

Характеристика типов оползней, развитых на территории гор. Ванатзор и его окрестностей (по: Степанян, Бойнагрян и др., 2007)

N/N п/п	Генетический тип оползня	Геоморфологи- ческие условия	Гидрогеоло- гические условия	Литологи- ческие комплексы пород	Параметры морфологии	Генезис и механизм оползневого смещения
1	2	3	4	5	6	7
1	Обвал масс горных пород из обнажений, расположенных на горных склонах, сопровождающихся скатыванием, опрокидыванием, дроблением	Крутые обрывистые склоны на участках интенсивного выветривания подошвы горных склонов	Обводнение за счет поверхностного стока, подмыв подошвы склона за счет подтопления и загонения родников грунтовых вод	Кора выветривания магматических пород	До 100x80м, мощность от 3,0 до 6,0м	Формирование оползневой зоны за счет выветривания горных пород, накопления рыхлого материала на склоне и изменения напряжения деформированного состояния пород склона
2	Оползни течения смещенные делювиального чехла за счет его переувлажнения осадками	Склоны, крутизна которых составляет 6-30°. Оползневой бугристый рельеф	Смещение оползневых накоплений происходит за счет функционирования водоносного горизонта на контакте делювиального чехла с элювием коренных пород	Суглинки, глины, гравийный грунт с суглинистым заполнителем	100x50м, мощность 6.0 – 8.0 м	Течение делювиального чехла за счет его переувлажнения на контакте с коренными породами склона
3	Оползни скольжения, развитие которых связано со смещением делювия склона при изменении его напряженно-деформированного состояния (НДС)	Крутые склоны (ср. крутизна 25-30°), нарушенные подрезкой при строительстве территории	Смещение оползневых накоплений происходит за счет функционирования неустойчивых по режиму водоносных горизонтов (утечки, подлив) и нарушения природного равновесия	— " " —	400x600м, мощность до 15-20м	Смещение делювия и элювия по коренным породам. Возможен коренной тип оползневого смещения

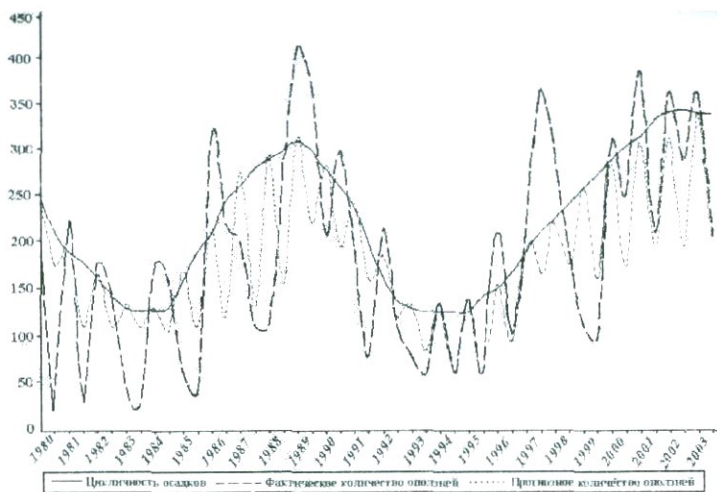


Рис. 32. Результаты и проверка прогноза оползней течения территории с.Ванадзор методом гармонического анализа (по: Степанян и др., 2007): 1 – цикличность осадков, 2 – фактическое количество оползней, 3 – прогноз количества оползней

2.1.3. Оползни в нижнем течении р.Памбак (до слияния с р.Дзорогет)

Здесь известны небольшие оползневые проявления у с.Ехегнут, а также на обоих бортах долины р.Антарамут (левого притока р.Памбак к югу от с.Дзорогет) (рис. 33).

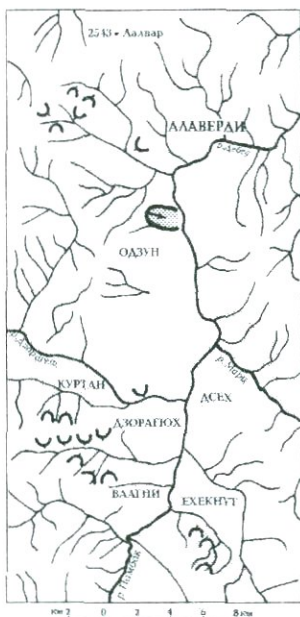


Рис. 33. Схема распространения оползней в нижнем течении р.Памбак

2.2. Оползни бассейна р.Дебед

Бассейн р.Дебед входит в состав Вирайцоцкого (Сомхетского) инженерно-геологического региона, в строении которого участвуют вулканогенные (турон-сантон, эоцен) и известково-мергельная (кампан-маастрихт) толщи при большом развитии интрузивных пород (плагнограниты, гранодиориты, кварц-диориты).

Оползни встречаются в основном в среднгорном поясе, хотя они формируются также и в низкогорном поясе у с.Саригох, где распространены бентонитовые глины значительной мощности.

Из всех оползней здесь лучше изучены Одзунский и Санаинский оползни.

2.2.1. Одзунский оползень

Одзунский оползень, активизировался 12 декабря 1992г., в результате чего оползневая масса, состоящая из крупнообломочных и глинистых грунтов, перекрыла на несколько дней железную дорогу Ереван-Тбилиси на участке длиной около 160м (рис. 34 и 74).

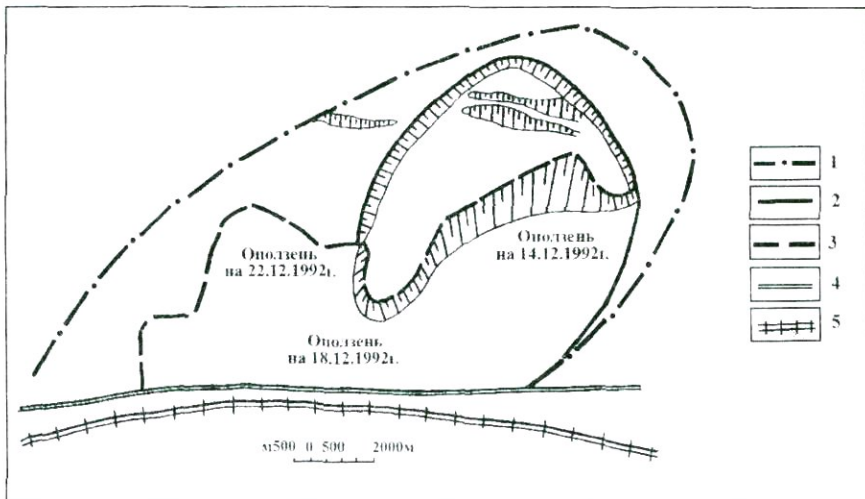


Рис. 34. Схематический план Одзунского оползня: 1 — контур предполагаемого оползневого тела, 2 — контур активного оползня, 3 — контур оползня 1992г., 4 — оградительная стена, 5 — железнодорожное полотно

Одзунский оползень — обвал сформировался в 2,7км к югу от железнодорожной станции Санаин, на левом берегу р.Дебед, на склоне, сложенном вулканогенно-осадочными породами юры и эоцена, перекрытыми лавовыми покровами плиоцен-четвертичного возраста и современными склоновыми образованиями.

Оползень состоит из трех крупных блоков, охвативших смещениями рыхлообломочную склоновую толщу мощностью 30-40м, заполнившую древний погребенный лог.

Два блока — весьма активные, один из них угрожает железной дороге Ереван-Тбилиси и шоссейной дороге Ванадзор-Алаверди. Его параметры следующие: длина оползня — 90-95м, ширина в центре — 85-90м, высота бровки отрыва — 2,5-3,5м, высота стенки срыва — 20-25м, бровка отрыва возвышается над шоссе на 47м, глубина охвата склона оползнем — 15-20м.

Оползневой блок характеризуется ступенчатым рельефом (выделяются 7 ступеней), наличием многочисленных трещин (в центральной части оползневого тела их ширина достигает 10-25см, а глубина – 60-170см).

Ползут глыбово-щебенистые грунты с суглинистым заполнителем (до 30-35%) и отдельные линзы и прослои суглинков с включениями каменного материала (до 25%) по увлажненной поверхности глинистых грунтов, залегающей на глубине 12-20м.

Характер движения оползня – деляпсивный (движение здесь началось снизу).

Активизация оползня связана с рядом факторов:

- фронтальный выход родников в юго-восточной части на отрезке шоссе Ванадзор-Алаверди;
- гидродинамическое давление;
- большая крутизна склона (20-30⁰);
- вибрация склона от движения железнодорожного и автомобильного транспорта;
- современные тектонические движения;
- значительные утечки воды из канала, проходящего выше по склону (обычные утечки и поступление воды в склон составляли 2л/сек, а перед смещением оползневого тела – 20-23л/сек).

Другой оползневой блок расположен в западной части склона и по своим параметрам мало отличается от первого. Его поверхность характеризуется ступенчатым, реже – мелкобугристым рельефом и наклоном до 32⁰.

Здесь ползут глыбово-щебенистые грунты с суглинистым заполнителем (до 30-35%), которые охватывают смещениями склоновые образования мощностью до 12-15м.

Данный блок сместился на обходную грунтовую дорогу, но не угрожает железнодорожному полотну.

2.2.2. Санаинский оползень

Данный оползень расположен в среднем течении р.Дебед, на склоне северной экспозиции и охватывает южную часть бывшего с.Санаин. Длина оползня составляет 300м; ширина в головной части – 70м, в языковой части – 260м; высота бровки срыва – 1,5-2,5м, протяженность стенки срыва – 60-90м. В головной части тело оползня четко оконтуривается по бортовым срывам высотой 1,5-2,0м (на правом борту) и 0,2-0,3м (на левом).

На теле оползня имеются трещины двух типов:

- в верхней и центральной частях опущенные трещины растяжения в виде дуги длиной от 17-20м до 25-30м;
- горизонтальные трещины растяжения ограниченного развития.

Зеркало скольжения оползня находится на глубине 7,5-10,0м в зоне развития грунтовых вод на увлажненной поверхности пылеватых глин.

Здесь ползут делювиально-пролювиальные и элювиально-делювиальные образования мощностью 26-40м по поверхности вулканогенно-осадочных отложений средней юры (J₂). Смещающиеся делювиальные образования (пылеватые легкие глины и суглинки с прослойками разнородного песка и древесно-щебенистого материала) характеризуются коэффициентом фильтрации 0,003-2,15м/сут., обладают повышенной карбонатностью (35-45%), что способствует просадочным процессам, которые наряду с оползневыми смещениями вызывают неравномерные осадки оснований и деформации стен зданий.

На формирование оползня участка “Санаин” оказали воздействие следующие факторы:

- переувлажнение склоновых рыхлообломочных образований выходами прямо на поверхность оползня малодебитных родников;
- деформации глинистых грунтов;
- подрезка склона при строительстве дороги;
- сейсмические сотрясения склона.

Оползень “Санани” находится в стадии временной стабилизации. Горизонтальные смещения составляют примерно 3см/год, а вертикальные – 2,3см/год.

2.2.3. Оползни бассейна р.Дзорагет

В бассейне р.Дзорагет, согласно “Снижению уязвимости...” (2003), имеется ряд оползневых участков, находящихся в активной стадии развития и угрожающих безопасности транспортных коммуникаций и другим объектам жизнеобеспечения. К ним относятся:

- **Оползень у с.Гогаван (Демурчилар) автодороги Ташир-государственная граница.**

Данный оползень – часть многоярусного древнего оползня (его первая ступень). В плане он имеет циркообразную форму. Длина оползневой участка достигает 350-370м, ширина – 400м. Смещаются глинистые грунты мощностью 5-6м.

На теле этого оползня имеется несколько мелких оползней (высота их бровок отрыва составляет 0,5-1,2м) с бугристым рельефом поверхности, трещинами растяжения шириной до 1м, поперечными волнообразными террасами, разрывами и заколами.

Этот активный оползень деформировал участок автодороги протяженностью 180-200м (разрушено асфальтовое покрытие, образовались трещины в полотне дороги).

- **Крупный оползень-обвал на серпантинном участке автодороги Степанаван-Курган-ст.Тумаян.**

Здесь оползневые подвижки отмечаются на крутом склоне. Бровка отрыва находится на вершинной части склона и частично охватывает автодорогу Курган-Тумаян. В головной части ширина оползня составляет примерно 170м, в языковой части – 50-60м. Оползневое тело в языковой части остановлено глыбами базальтов (своеобразный контрфорс), обвалившимися с крутого склона и сдерживающими дальнейшее активное обрушение склона.

Формирование данного оползня обусловлено значительной крутизной склона, выходами на склоне родников, литологией рыхлообломочных склоновых образований и значительными атмосферными осадками.

- **Оползень “Карахач” в 4км от села Благородное.**

Данный участок находится на левом берегу р.Пахгет, с левой стороны автодороги, в 4-4,5км к юго-западу от с.Благородное, на крутом (30⁰) денудационном склоне.

В плане форма оползня циркообразная, поверхность сместившейся массы склоновых рыхлообломочных образований бугристая, осложнена мелкими оползнями второго порядка, короткими трещинами (ширина до 10-15см). Высота бровки отрыва оползня достигает 1,7м, длина – 180м, ширина – до 600м.

Язык этого активного оползня перекрыл автодорогу и вышел на правый склон справа от дороги.

- **Оползень на серпантинном участке автодороги Вардахшор-Ташир.**
- **Оползень юго-восточнее с.Парни (Киров) на отрезке автодороги Гюлагарак-Степанаван;**

Здесь циркообразный активный оползень второго порядка сформировался на теле древнего стабилизировавшегося оползня. Его поверхность характеризуется бугристым

рельефом, изрезанностью глубокими логами. Бровка отрыва нечеткая, но на теле оползня есть свежие следы подвижек, трещины шириной до 15см, заколы.

Длина оползня составляет 400м. Ползут склоновые рыхлообломочные образования.

Язык оползня деформировал полотно автодороги на протяжении около 200м.

Формирование данного оползня обусловлено увлажнением склоновых рыхлообломочных образований подземными водами (на склоне имеются несколько малодобитных родников, мочажины) и обильными атмосферными осадками, а также сотрясением склона при землетрясениях.

§3. Оползни бассейна р.Раздан

Крупные оползни здесь имеются на северном склоне Цахкуняцкого хребта (правый борт долины р.Мармарик – правого притока р.Раздан), в каньоне р.Раздан, на Шорахбюрском низкогорье (на северо-западных склонах Нубарашенского плато) – известны Вохчабердский и Нубарашенский оползни, на левобережье р.Джрвеж и др., а также ряд более мелких оползней: в окрестностях Цахкадзора, в верховьях р.Арзакан, у Арзни, у развалин сел Шорбулах и Джрашен, у телестудии в Ереван и др.

3.1 Оползни бассейна р.Мармарик

Бассейн р.Мармарик охватывает южные склоны Памбакского и северные склоны Цахкуняцкого хребтов. Основная часть оползней и наиболее крупные их разновидности (в том числе сейсмогравитационные оползни-блоки) приурочены к северным склонам Цахкуняцкого хребта, сложенным в основном андезито-базальтами, андезитами, андезитодацитами, дацитами и риодацитами верхней лавовой свиты нижнего плиоцена, а также риолитами, риодацитами, обсидианами, перлитами и их пирокластами верхней белесоватой свиты того же возраста.

Небольшие по размеру, но нередко активные оползни-сплывы и поверхностные вязко-пластичные смещения на южном склоне Памбакского хребта приурочены в основном к участкам тектонических нарушений, где отмечается интенсивное разрушение и гидротермальное изменение распространенных здесь горных пород: вулканогенно-терригенного и вулканогенного флиша. Ползут также (скорее, сплывают при насыщении их водой) крупно- и грубозернистый песок и дресва, образующиеся здесь при физическом выветривании гранито-гнейсов в зоне Артавазского (Такярлинского) и Цахкамаргского (Улашикского) поперечных разломов.

Наиболее крупный сейсмогравитационный оползневой блок сформировался на правом склоне долины р.Мармарик на участке между с.Анкаван (на западе) и отделением бывшего совхоза Атарбекянский (на востоке) (рис. 35)

Этот блок имеет ширину 2,5-2,8км и длину 1,3-1,4км и состоит из трех крупных сместившихся тел, отдельные части которых довольно активны в настоящее время. Хорошо просматриваются на топографической карте и на местности плоскость срыва, оползневые тела с бугристой поверхностью и многочисленными трещинами.

Вертикальное смещение оползневого блока составляет 250-300м при горизонтальном продвижении в 750м в центральной части (именно на столько метров отклонено русло р.Мармарик к противоположному склону долины).



Рис. 35. Топографическая карта местоположения оползневого блока "Анкаван"

Другой крупный сейсмогравитационный оползневой блок "Цахкамарг" также расположен на правом склоне долины р.Мармарик, напротив устья р.Цахкамарг. Сместившееся тело оползня отклонило русло реки Мармарик на 500м к северу (рис. 36).



Рис. 36. Топографическая карта местоположения оползневого блока "Цахкамарг"

Блок имеет ширину 1,1-1,2км и длину 0,5-0,6км. Вертикальное его смещение составляет 300-325м.

Оползневое тело характеризуется неровной, бугристой поверхностью, сильной увлажненностью, отдельные его части заболочены.

Два крупных оползня расположены на левом склоне долины р.Кярхана-Дереси (правого притока р.Мармарик, впадающего в основную реку чуть ниже Мармарикской плотины) – рис. 37.

Нижний по течению, в устьевой части реки, оползень (Артавазский блок) имеет длину около 500м и ширину в 500-600м, вертикальное его смещение составляет 200-250м при весьма незначительном горизонтальном продвижении (здесь, скорее всего, река смогла размыть и удалить "язык" оползня из-за его небольшой мощности).

Оползень в среднем течении р.Кярхана-Дереси имеет длину около 1км и ширину 350-600м, вертикальное смещение не превышает 100-120м, горизонтальное – 75-100м. На его теле выделяется несколько более активных участков, которые отличаются большей влажностью и наличием свежих трещин.



Рис. 37. Топографическая карта местоположения оползней в долине Р.Кяхана- Дереси

Поверхностные вязко-пластичные оползни-сплывы имеются в окрестностях развалин с.Соухбулак на правом склоне долины р.Мармарик, напротив с.Меградзор (рис. 38).

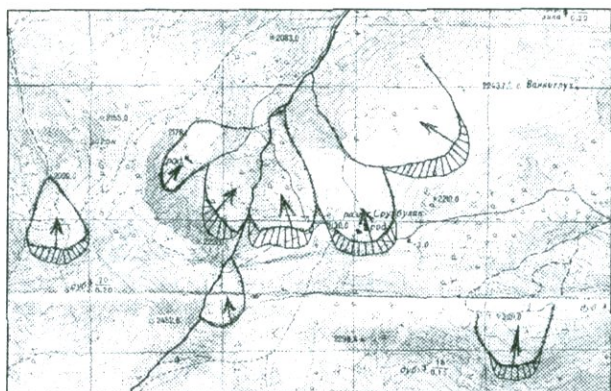


Рис. 38. Топографическая карта местоположения оползней Соухбулак

Формированию этих поверхностных оползней способствуют выходы родников и наличие выветрелых до глинистого состояния вулканогенных пород.

Аналогичные поверхностные оползни небольшой мощности имеются и в нижнем течении р.Мармарик на меридиане Цахкадзора, а также напротив с.Ахавнадзор.

Из правобережных оползней (на северном склоне Цахкуняцкого хребта) можно отметить еще небольшие активные смещения в окрестностях с.Анкаван (рис 39а) и оползень на правом берегу р.Оджагдере. Последний при длине в 375м отклонил русло реки к противоположному борту долины на 250м (рис.39б).

Оползень "Оджагдере" связан, на наш взгляд, с разломом, который освоен рекой. Породы в зоне разлома сильно разрушены и оглинены, имеются выходы родников, поэтому и неудивительно, что здесь сформировался этот оползень.

На левом склоне долины р.Мармарик (южный склон Памбакского хребта) оползни имеются только в зонах поперечных разломов сбросового характера по его притокам Артаваз (Тақярлу), Каракала, Цахкамарг, Улашик и Узун. Все они представляют собой активные (за исключением Артавазских) оползни-обвалы в целом небольшой мощности, сорванные с крутых склонов при подмыве рекой их подножий.

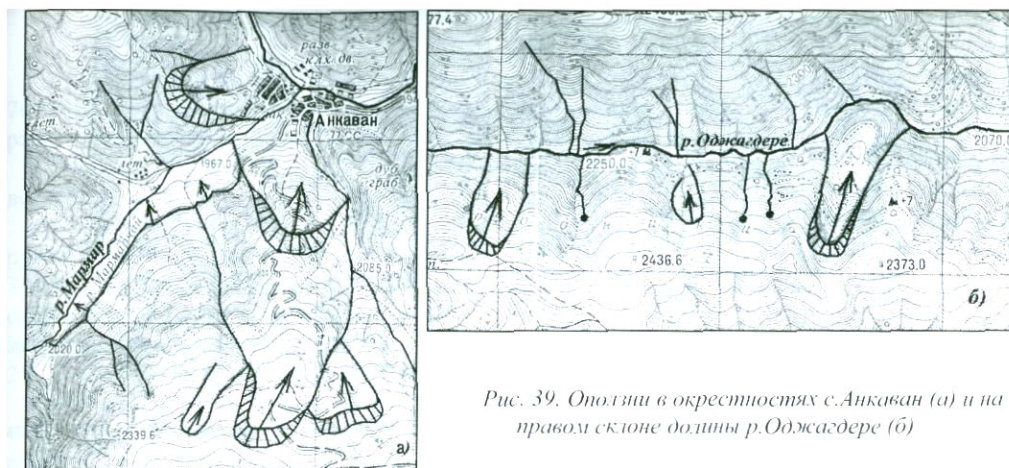


Рис. 39. Оползни в окрестностях с. Аннаван (а) и на правом склоне долины р.Оджагдере (б)

Артавазские оползни – это поверхностные образования, сформировавшиеся в результате увлажнения до вязко-пластического состояния материала выветривания гранито-гнейсов. Мощность сползающих масс не превышает 1-3м.

3.2 Нубарашенский оползень

Данный оползень сформировался в 1980г. в северо-западной части Нубарашенского (Советашенского) валунино-галечного плато, представляющего собой 100-120-метровую террасу предположительно плиоценового возраста. Валунные галечники залегают на толще олигоценовых пород (плотные серо-зеленые глины, чередующиеся с песчаниками серого цвета). Ползут не только эти галечники по глинам, но и сами глины.

Оползневой участок длиной до 500м и шириной 650-700м имеет циркообразную форму. Сам оползень характеризуется слабо волнистой поверхностью, ступенчатым профилем и многочисленными трещинами разных размеров. В головной его части имеются трещины растяжения длиной до 20-45м и шириной 0,2-0,3м, а также трещины опускания (длина их составляет 20-100м, ширина – 0,15-0,35м). В центральной части оползня развиты трещины скольжения длиной 80-120м и шириной 0,5м, а в языковой части образовались валы и бугры выпирания.

Стенка срыва оползня простирается на расстояние в 620-630м, высота бровки срыва составляет 0,5-0,7м на краях цирка и 2,5-2,8м – в центральной части у бывшего хранилища (рис. 40).

Основной причиной образования Нубарашенского оползня является деформация глинистых грунтов под воздействием капорных вод. Данные грунты характеризуется средней сжимаемостью, высокой пористостью; в них много пылеватых частиц, что способствует развитию просадочных явлений; карбонатность их составляет 9,1%.

Оползень асеквентный по структуре, а по условиям образования и развития – детрузивный. Мощность его составляет 9-12м по бортам и 16-18м в центре. Поверхность скольжения (она совпадает с измененными до мягко- и текучепластичными глинами) вогнутая.

Движение оползня вначале было медленным, но постепенно оно активизировалось в результате:

- подрезки склона при прокладке и ремонте магистральной шоссеиной дороги;
- микросейсмических колебаний;



а

б

Рис. 40. Стенка срыва Нубарашенского оползня в разных частях оползневого цирка: а – на краю цирка, б – в центральной части у бывшего хранилища (фото В.Р.Бойнагряна)

- ослабления прочности глин при их увлажнении грунтовыми и фильтрационными водами.

На данном оползне были проведены детальные исследования сотрудниками оползневой станции:

- топо-геодезические наблюдения за оползневыми реперами;
- трещинно-морфологическая съемка;
- изучение глубинных смещений при помощи инженерно-геологических скважин;
- наблюдения за дебитом и температурой вод трех родников в языковой части оползня;
- измерения ширины трещин на стенах гаражей;
- наблюдения за наклоном отдельных трещин методом оползневых реперов.

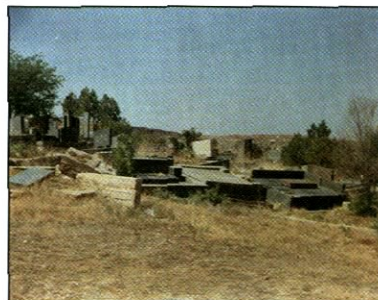
Результаты этих наблюдений за 8 лет приведены в таблицах 6 и 7.

Было отмечено, что максимальное горизонтальное смещение оползня составило за период наблюдений 1,4м, а вертикальное – 0,52м; глубинные оползневые деформации не произошли; трещины на теле оползня продолжают расширяться; оползень находился в активной фазе движения.

После Спитакского землетрясения 1988г. движение Нубарашенского оползня резко активизировалось. Язык оползня активно надвигается на городское кладбище, что привело к многочисленным разрушениям могил, оказавшихся на пути движения оползневого тела (рис. 41).



а



б

Рис. 41. Разрушение могил на Нубарашенском кладбище Еревана в результате оползневых подвижек (фото В.Р.Бойнагряна)

3.3 Вохчабердский оползень

г оползень представляет собой блок размером 2,5х1,3км² и мощностью в среднем 200-225м с крутого склона одноименного хребта и сместившийся по линии сбросового характера, проходящего вдоль дороги у с.Вохчаберд.

В основании оползня палеогеновые отложения взброшены на неогеновые. Приподнято юго-западное крыло разлома.

Величина вертикального смещения блока, по нашим измерениям, составляет 200-225м при значительном (до 1км) горизонтальном выдвигении тела оползня. Преобладание горизонтальной составляющей над вертикальной свидетельствует о сложной природе образования этого оползня.

Оползень имеет ступенчатый профиль, крутизна оползневого склона составляет 20-30%. В основании оползня залегают Вохчабердская и Разданская свиты, а также белесоватая толща.

Оползень в настоящее время довольно активный, что связано с рядом причин:

1. В зоне разлома происходит фильтрация поверхностных и подземных вод в тело

оползня, что негативно влияет на его устойчивость. 2. На оползень влияют неустойчивость глинистых грунтов и хозяйственная деятельность

населения. 3. Возможно и воздействие сейсмических толчков.

Вохчаберд постоянно деформируется полотном автомобильной дороги, идет постоянное разрушение сельского кладбища, полностью разрушено здание школы (рис. 4.4), 44 домов, более 80% жилых зданий находится в аварийном состоянии.



а



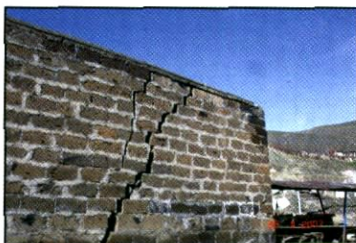
б



в



г



д

42. Последствия смещения Вохчабердского оползня: а - деформированное полотно автомобильной дороги; б - разрушение сельского кладбища; в - разрушенное здание школы; г, д - аварийное состояние зданий (фото В.Р.Бойнасяна)

Таблица 6

Результаты наблюдений за оползневыми смещениями участка Нубарашен (Советашен)
(место бывшего хранилища) – данные оползневой станции

Виды наблюдений	Величина смещения в метрах							
	1981г.	1982г.	1983г.	1984г.	1985г.	1986г.	1987г.	1988г.
Топо-геодезические наблюдения								
горизонтальные смещения	0,08-0,57	0,018-0,48	0,18-0,48	0,14-0,33	0,02-0,280	0,02-0,28	0,05-1,4	0,07-0,18
вертикальные смещения	-0,002-0,021	-0,02-0,009	-0,001-0,006	-0,03-0,03	-0,001-0,260	-0,001-0,02	0,02-0,28	0,13-0,52
Трещинно-морфологическая съемка (замеры марок-маяков)	0,13-0,34	0,1-0,31	0,02-0,07	0,02-0,04	0,02-0,04	0,01-0,02	0,01-0,03	0,02-0,07

Таблица 7

Результаты наблюдений за деформацией зданий участка Нубарашен (Советашен) – данные оползневой станции

N	N створа и N репера	Величина расширения трещин в мм								Средне-многолетнее расширение
		1981г.	1982г.	1983г.	1984г.	1985г.	1986г.	1987г.	1988г.	
1	Южная стена гаража	1	3	-	4	2	14	2	6	5,01
2	Северная стена гаража	0,0	1	-	3	3	26	3	4	6,6
3	Южная стена гаража	0,0	2	-	0	2	10	3	8	4,2
4	Южная стена гаража	3	3	-	2	4	24	1	6	6,6
5	Северная стена гаража	0,0	4	-	3	0	48	2	7	10,7
6	Южная стена гаража	-	-	-	3	4	20	3	3	6,0
7	Южная стена гаража	-	-	-	0,0	6	29	2	6	7,4
8	Северная стена гаража	-	-	-	3	3	20	2	8	6,0
9	Северная стена гаража	-	-	-	2	4	20	2	3	5,8
10	Котельная	-	-	-	2	-	-	-	-	

“ожил” и активно отвоевывает все новые участки села. Скорость оползневых подвижек на отдельных участках составляет несколько миллиметров в день. Подвижки усиливаются после весеннего снеготаяния и периода дождей, т.к. в это время идет интенсивное смачивание поверхности скольжения оползня через разлом. Здесь 1030 человек (430 семей) с тревогой ждут своей участи в результате сложившейся весьма тревожной ситуации (Бойнагрян, 2005).

Вохчабердский оползень фактически уже невозможно остановить. Единственное спасение для сельских жителей – переехать на новое место, выделенное местными властями. Однако никто не хочет покидать свое жилище, все продолжают жить в аварийных домах и по-прежнему интенсивно поливают свои огороды и сады, еще более активизируя оползень.

3.4. Оползни в каньоне р.Раздан

Здесь имеются многочисленные древние оползни на участке от Канакерской ГЭС до Арзни. Оползневые массы представлены андезито-базальтами, сползшими по поверхности глинисто-песчаных отложений сармата и диатомитовых глин плиоцена, являющихся хорошим водоупором. Наличие древних оползней подтверждается и опущенными речными террасами с запрокинутыми тыловыми частями.

У **Арзни** ползут лавы по смачиваемой поверхности глин. Оползни здесь небольшие – длина 50-70м, ширина 20-25м, высота стенки срыва 2 – 2,5м. Рельеф поверхности оползней бугристый. Оползни средней активности. Отдельные “языки” оползней достигают полотна автодороги или непосредственно – русла р.Раздан (рис. 43).



Рис. 43. Оползни на левом борту долины р.Раздан у санатория “Арзни” (фото В.Р.Бойнагряна)

У **Гюмушской ГЭС** имеются приостановившиеся оползни в глинах.

На участке **Ереванской ГЭС** формирование оползней связано с морфологией склона, геологическим его строением, физико-механическими свойствами пород, подрезкой склона при строительстве шоссе Ереван-Арзни и, конечно же, со смачиванием

поверхности контакта базальтов с песчанистыми глинами, имеющимися в основании склона родниками.

Крупные оползневые блоки размером до $0,8 \times 0,7 \text{ км}^2$ имеются на участке от устья р.Акунк до примерно устья оврага у с.Зовуни. Сползшие блоки оттеснили русло р.Раздан в горизонтальном направлении к противоположному борту каньона на 150-200м, а у с.Гетамеч – и на все 300м. У всех этих блоков хорошо прослеживается оползневая терраса (ступень) в их верхней части, а также стенка отрыва. Высота последней составляет 25-50м, местами около 75м (рис. 44).

Рельеф поверхности оползней-блоков ступенчатый; имеются многочисленные трещины, валы коробления. Оползневые тела выделяются повышенной влажностью.

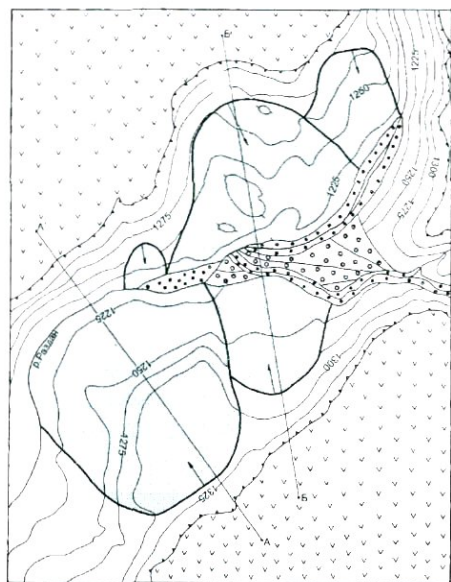
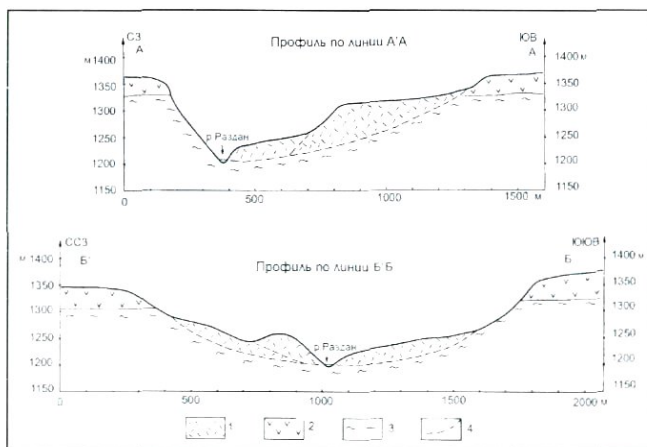


Рис. 44. Оползни в каньоне р.Раздан (по: Бойнагр, 2007):

a – схема местоположения крупных оползневых блоков на участке устье р.Акунк – устье оврага у с.Зовуни: 1 – контуры оползней, 2 – бровка каньона р.Раздан, 3 – лавы, 4 – аллювий поймы, 5 – пролювиальный конус выноса левого притока р.Раздан, 6 – линии профилей, 7 – горизонтали;

a



б

Все проявления оползней в каньоне р.Раздан приурочены к зоне сброса и связаны с выходами сарматских глин, отличающихся высокой пластичностью. По глинам срываются и ползут отдельные блоки базальтов, андезито-базальтов и андезитов верхнеплиоценового

образом мощность сместившихся масс. Ползут и сами глины без перекрывающих их лав. Причинами формирования оползней здесь являются подмыв рекой основания склонов, подрезки и перегрузки склона, увлажнение поверхности контакта лав с глинами и др.

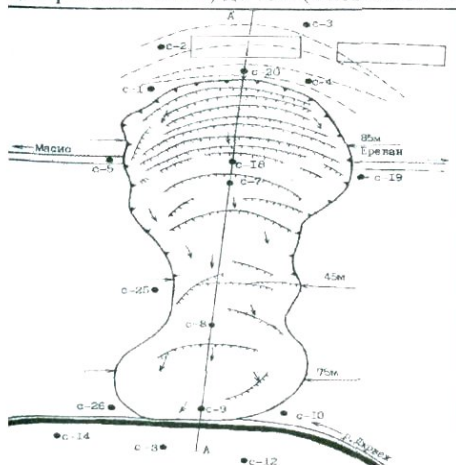
Более мелкие оползни встречаются на участке от Канакерской ГЭС до Киевского моста, где снова отмечается выход сарматских глин. Здесь размеры оползней не превышают $0,2 \times 0,2 \text{ км}^2$.

Канакерские оползни образовались после строительства деривационного канала, заложенного на широкой берме, устройство которой сопровождалось срезкой больших объемов андезито-базальтов, залегающих вдоль трассы канала на сарматских глинах. Вынутый из врезки грунт (смесь обломков андезито-базальтов и глин) сбрасывался на склон ниже подошвы бермы, которая находилась примерно на уровне кровли глин. На этом же уровне выходили грунтовые воды, увлажняющие сарматские глины. Дополнительное их насыщение водой, а также увлажнение глинистых грунтов отвалов дождевыми и поливочными водами с вышерасположенных огородов и садов способствовали оползневому смещению отвалов, коотрые при смещении захватывали с собой и подстилающие их глины.

Канакерские оползни представляли собой значительную угрозу для деривационного канала и, соответственно, Канакерской ГЭС. Однако грамотно выполненные противооползневые работы (выравнивание склона, "уборка" со склона отвалов, устройство ливнеотводов, заложение дренажных шахт в водоносном андезито-базальтовом горизонте с размещением пола шахт по кровле сарматских глин и др.) устранили эту угрозу и приостановили оползневые подвижки.

3.5. Джрвежский оползень

Этот оползень сформировался к востоку от села Джрвеж в районе обходной дороги, где обнажаются весьма пластичные гипсоносные глины. Здесь ползут налегающие на глины долеритовые базальты и насыпные грунты. Нарушение их состояния связано с подрезкой склона и глубокими выемками при разработке месторождений базальта и гипсоносных глин, а также при строительстве дорог. Способствуют оползанию и утечки воды из Норкского оросительного канала и полив зеленых насаждений склонов, ведущие к переувлажнению поверхности гипсоносной толщи и облегчающие скольжение базальтов и насыпных грунтов по глинам. Оползень имеет форму потока длиной около 170м и шириной от 45м (в центральной части) до 75м (в языковой части) и 85м (в головной части) – рис. 45.



а

Рис. 45. Схема оползневого участка "Джрвеж" (по: Научно-методич. и информ. прогр., 1997) (а) и внешний вид головной части оползня (б) (фото В.Р.Бойнасяна)

Головная часть оползня разбита трещинами растяжения на ряд блоков разных размеров (рис. 46).

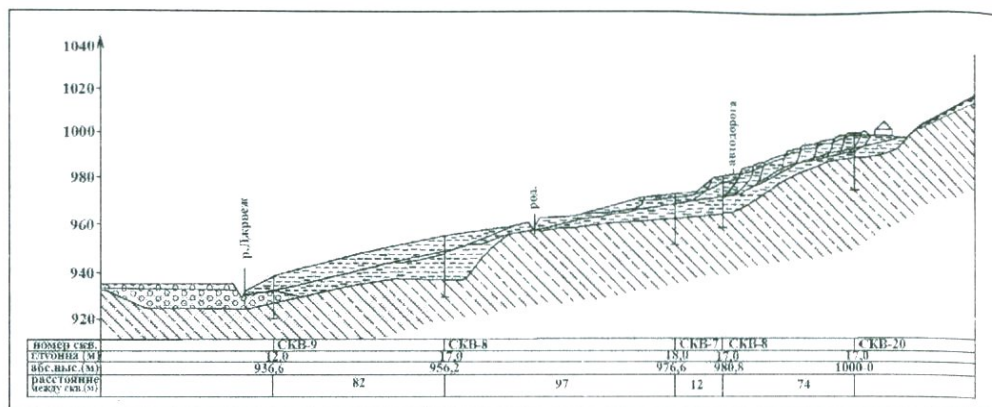


Рис. 46. Схематический инженерно-геологический разрез оползневого участка "Джрвеж" (по: Научно-методич. и информ. прогр., 1997)

Объем сместившейся массы составляет около 120000м^3 , величина вектора смещения – 8,6м.

Южнее с.Джрвеж находится активный оползень размером $0,4 \times 0,13\text{км}^2$, который постоянно разрушает дорогу, ведущую из карьеров в село. Оползневые подвижки на этом участке постепенно захватывают вышележащие части склона.

Кроме этого четко выраженного активного оползня на Джрвежском участке имеется еще ряд более мелких оползней вдоль новой дороги, которые деформируют полотно шоссе, местами даже перекрывают его при резком продвижении, как это имело место летом 1990г. у крутого поворота новой дороги недалеко от села Джрвеж. Причина их активизации – подрезка склона при прокладке автомобильной дороги.

3.6. Шорбулахские оползни

Эти оползни сформировались на участке от Вохчаберда до Нубарашена и на западном отрезке северо-западного склона Нубарашенского плато, где нубарашенские (советашенские) галечники ползут по пестроцветной глинистой толще или ползут сами глины, охватывая оползневыми подвижками значительную площадь. С этими оползневыми явлениями было связано разрушение сел Верин Джрашен и Шорбулах. На общем фоне оползневого склона с четко выраженными признаками оползневых смещений выделяются отдельные более активные оползни с хорошо заметными трещинами, бугристой поверхностью, с резкой обособленностью тела оползня от остальной части оползневого склона.

В настоящее время здесь повсюду отмечается активизация оползневых подвижек, связанная с утечками вод из оросительных каналов, водопроводов, поливом садов и огородов, с различными подрезками и перегрузкой склона и т.п. Особенно катастрофическое положение в последние годы создано на дачном участке, расположенном к ЮВ и В от с.Шорбулах, где на крупном приостановившемся оползне

домов, поливом огородов, подрезкой склона и, как следствие, нарушение состояния оползня и его активизация (Бойнагрян, 2005).

§4. Оползни бассейна р. Арпа

Бассейн р. Арпа, охватывающий почти полностью южные склоны Варденисского и часть Гегамского вулканических массивов и северные склоны Вайкского хребта, довольно сильно поражен оползнями (рис. 47).

Последние приурочены к многочисленным разрывным нарушениям в вулканогенно-осадочных породах мел-эоценового возраста. Здесь насчитывается несколько сот оползневых проявлений разных размеров (от мелких площадью около 5га до грандиозных площадью более 400га), интенсивности (от средней до весьма сильной) и типов (оползни-блоки, оползни-потоки, оползни-обвалы).

Оползни средней интенсивности занимают площадь в 269,7км², сильной – 51км², весьма сильной – 72км² (Генераль. схема ..., 1986).

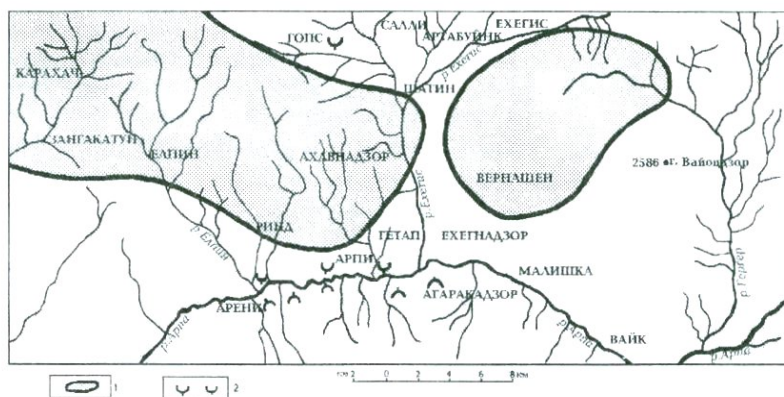


Рис. 47. Схема размещения оползневых участков в бассейне р. Арпа: 1 – участки интенсивного проявления оползневых процессов, 2 – отдельные оползни

В бассейне р. Арпа преобладают оползни-блоки, которые формируются в зонах многочисленных сбросовых нарушений с крутым (около 60°) падением плоскости сброса. Оползни-потоки и оползни-обвалы имеют меньшее распространение, хотя встречаются отдельные весьма крупные их проявления, занимающие площади от нескольких сотен гектаров до более 2000га.

В бассейне р. Арпа известны Орбатехский, Чивинский, Еллинский, Мартиросский, Риндский, Угедзорский (Кочбекский) и др. оползни. Их характеристика дана ниже в основном по материалам Управления геологии Армении (Манукян, 1977; Манукян, Оганесян, 1975 и др.).

4.1. Орбатехский оползень

Этот оползень циркулярной формы и мощностью 20-52м (данные бурения) предположительно средне-верхнечетвертичного возраста расположен в 1,4км западнее с. Орбатех на крутом (до 35°) склоне восточной экспозиции и занимает площадь в 3км².

часть); высота бровки отрыва составляет 15-20м, величина горизонтального смещения – 30-35м.

Формирование оползня связано с неотектоническими поднятиями данного района, которые сопровождались глубинной эрозией реки, увеличением крутизны склонов и нарушением устойчивости горных пород.

Сместившиеся оползневые массы представлены склоновыми рыхлообломочными образованиями, состоящими из слесов глин, суглинков и неокатанного каменного материала.

Глины пылеватые, реже песчанистые, слабо уплотненные, влажные, вязкие, цвет их от светло-коричневого до темно-коричневого. Имеются включения (до 20-25%) щебня и глыб вулканических пород.

Суглинки влажные, комковатые, представлены пылеватой разновидностью со слабой пористостью. Каменный материал в них составляет 20-30%. Цвет их от светло-коричневого до темно-коричневого.

Каменный слой представлен глыбово-щебенистыми и древесно-щебенистыми накоплениями с глинисто-суглинистым и супесчаным заполнителем (20-30%) и отдельными прослоями (до 1,5-2м) глин и суглинков.

В гранулометрическом спектре глин на долю песчаных частиц приходится 15,8%, пыли – 46,1%, глинистых частиц – 34,1%, а суглинков – 26%, 39,6% и 22,7% соответственно.

Естественная влажность глин и суглинков в среднем примерно одинакова (23,5 и 23,3%), однако пределы ее колебаний заметно отличаются (7,5-45,0% - в глинах и 14,9-30,9% - в суглинках).

Пористость глин составляет в среднем 47,7% (пределы колебаний – 41-52,3%), а суглинков – 46,1% (пределы колебаний – 43-49,1%).

Глины характеризуются величиной свободного набухания в 0,3-3,9%, а суглинки – 0,3-9,2%.

Вся эта толща склоновых образований (глины, суглинки и каменный слой) ползет по поверхности гидротермально измененных до глинистого состояния туфоалевролитов и туфопесчаников (Бойнагрян, 2005).

На данном древнем оползне, который к началу голоцена стабилизировался, в дальнейшем появились отдельные активные участки, расположенные ступенями (последних всего три). Частичная активизация Орбатехского оползня связана с врезанием рек (новый импульс тектонических поднятий и усиление глубинной эрозии), подмывом оползневого склона бурным потоком и хозяйственной деятельностью человека (утечки воды из оросительного канала, сброс на поверхность древнего оползня хозяйственных вод). Свою долю вносят и воды из вышерасположенного болота, переувлажняющие оползневой склон.

Мощность смещаемых масс современных активных оползней составляет 8-12 и 15-20м. Интенсивность оползневых смещений на отдельных участках колеблется от очень сильной до весьма сильной (Генераль, схема..... 1986).

4.2 Чивинский оползень

Данный оползень расположен на левом берегу р.Елши, в ее среднем течении.

Его длина составляет 2,5км, ширина – 1,5км, мощность – 6,5-21,8м. Оползень занимает территорию площадью 3,8км².

оползня возвышается над “языком” на 350м. Поверхность оползня характеризуется средним наклоном в $17-20^{\circ}$.

Сползшие массы представлены интенсивно трещиноватыми, рассланцованными, увлажненными желто-серыми глинами, суглинками и супесями верхнего эоцена, а также глыбово-щебенистыми и дресвяно-щебенистыми грунтами. Деформационные свойства глин довольно низкие. Отмечается их высокая карбонатность – 11,8-58,8% (в среднем – 36,4%). Коэффициент фильтрации оползневых масс составляет 0,55-4,7м/сутки.

Поверхность скольжения Чивинского оползня совпадает с контактом желто-серых глин верхнего эоцена с голубовато-серыми глинами.

В настоящее время оползень находится в стабилизированном положении. На его поверхности нет трещин. Отмеченные деформации зданий, расположенных на оползне, связаны с просадочными явлениями в карбонатных грунтах, коэффициент относительной

просадочности ($i_m = \frac{\varepsilon m}{1 + \varepsilon \sigma}$) которых составляет 0,02-0,038 (среднее – 0,024).

4.3. Риндский оползень

Это – крупный древний оползень, который с 60-х годов XXв. активизировался. Сместившиеся массы представлены глыбами туфобрекчий, конгломератов и песчаников, а также частично верхними выветрелыми глинами. Все это толща, сильно увлажненная грунтовыми водами, ползет по поверхности увлажненных пластичных аргиллитоподобных глин, имеющих падение на юг под углом 10° . Мощность смещенных пород в верхней части с.Ринд составляет 110м (скважина 28), а в нижней части – 57м (скважина 24).

В окрестностях оползня имеется много родников и заболоченных участков, которые обильно увлажняют оползневое тело.

Гранулометрический состав выветрелых глин представлен песком (40%), алевритом (35%) и глинистыми частицами (15%). Карбонатность их составляет 14,8%, число пластичности – 37,7 (предел текучести – 48,4, предел раскатывания – 10,7), величина усадки – 14,9 (Саакян Г., 1964).

4.4. Гетапский оползень

Оползень расположен на правом берегу р.Ехегис (Элегис). Состоит из двух частей – северного участка на северной окраине с.Гетап и южного участка.

Оползень северного участка представляет собой древнее стабилизированное тело мощностью 17-21м, длиной 340-350м и шириной 400м. Высота стенки отрыва составляет 3,5-4м.

Рельеф поверхности оползня ступенчатый. Оползневой склон имеет наклон в среднем 13° .

Оползшие массы представлены просадочными грунтами (коэффициент просадочности составляет 0,021-0,038). По данным бурения, они состоят из (сверху вниз):

- склоновых образований (глины и суглинки с включением каменного материала до 15-25%);
- валунно-галечных отложений;
- голубовато-серых и желто-серых глин верхнего эоцена;
- вулканогенно-осадочных пород (туфонесчаники, туфоалевролиты) верхнего эоцена.

6,27м/сутки.

Поверхность скольжения представлена темно-серыми (до голубого) влажными вязкими с мягкопластичной консистенцией глинами верхнего эоцена.

В 1975г. произошло небольшое смещение оползневых масс в результате подрезки склона и интенсивного полива. На теле оползня появились трещины шириной от 0,5-0,6м до 2-2,5м и глубиной до 1,5-2м.

Оползень южного участка – также древнее стабилизированное образование. Длина его составляет 580м, ширина – 380м, высота стенки отрыва – 15-20м, мощность – 17,1-21,8м. Наклон оползневого склона в среднем равен 15-16°.

Коэффициент фильтрации оползших грунтов колеблется в широких пределах от 0,78 до 2,65м/сутки.

На теле оползня имеются суффозионные воронки глубиной 0,8-1м и шириной 1-1,2м.

Поверхностью скольжения оползня и на этом участке являются темно-серые (голубоватые) глины верхнего эоцена.

В результате антропогенного воздействия (утечки воды из оросительного канала) на этом древнем оползне сформировалось новое оползневое тело (оползень второго порядка) длиной 460м, шириной 280м и высотой стенки отрыва 10-15м. На новообразованном оползне имеются трещины шириной 0,4-0,6м.

Смещение рыхлообломочных масс на обоих участках у с.Гетап обусловлено их залеганием на увлажненных, вязких и структурно-непрочных глинах верхнего эоцена. На контакте желто-серых и голубовато-серых глин имеется хорошая обводненность, поэтому этот контакт служит поверхностью скольжения.

4.5. Оползни левобережья р.Арпа

На левобережье р.Арпа известны оползневые участки “Гнишик”, “Мартирос” (сюда входят оползни у сс.Заритап, Мартирос, Серс), “Артаван” (оползни в долине р.Артаван и у самого села), “Ахта” (оползни по долине р.Гябутчай и у сс.Ахта, Капуйт, Гомур) и “Угелзор” (крупные оползневые тела у сс.Угелзор и Сараван) – рис. 48.

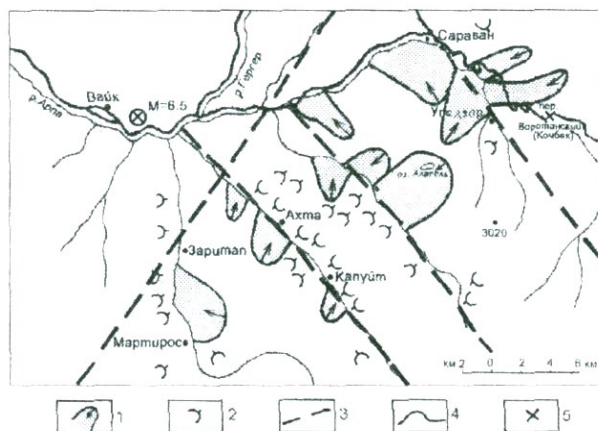


Рис. 48. Схема местоположения оползневых участков на левобережье р.Арпа: 1-крупные сейсмогенные оползни, 2-прочие оползни, 3-разломы, 4-автомобильная дорога, 5-перевал Вортанский (Кочбек)

Мартиросский оползень расположен в долине р.Мартирос на абсолютной высоте примерно 2000м и охватывает территорию одноименного села и прилегающие участки.

Оползень имеет длину 220-230м, ширину – 550м, мощность – 25 (головная и языковая части) – 40м (центральная часть). Рельеф его поверхности – волнистый, мелкобугристый, на теле оползня имеются заболоченные участки. Высота стенки отрыва оползня от склона составляет 25-30м, местами – 15-20м.

Сместившиеся массы представлены флювиогляциальными (?) и склоновыми рыхлообломочными образованиями, которые сползли по зелено-серым, тонкослоистым аргиллитоподобным пластичным глинам, имеющим крутое (10^0) падение. Сползшие склоновые образования (суглинки и супеси с включениями каменного материала) характеризуются значительным содержанием мелкопесчаных (60,2%) и алевроитовых (30%) частиц. Их карбонатность составляет 17,3%, величина усадки – 11,4 (Манукян, 1976).

Отдельные части Мартиросского оползня проявляют признаки активности – от средней до весьма сильной интенсивности (Генераль. схема..., 1986). Оползневые явления отмечаются в западной и северо-западной частях села на значительной площади. В теле оползня есть разрывы, много трещин раскрытия. Отмечаются деформации зданий.

У с.Артаван оползневой блок оторвался от приводораздельной части междуречья рр.Дарб и Артаван и сместился в горизонтальном направлении примерно на 0,5-0,8км. Вертикальное смещение при этом составило 100-120м. В верхней части оползня у подножия стенки срыва имеется несколько мелких озер, наиболее крупное из них – оз.Алагель. Сам оползневой блок достигает значительных размеров (3,0 x 2,8км²).

Угедзорский (Кочбекский) оползневой участок охватывает оба борта долины р.Дарб между сс.Сараван и Угедзор и автомобильную дорогу, проходящую через Воротанский (Кочбекский) перевал. Здесь в вулканогенно-осадочной толще по линии активного разлома (к нему приурочен эпицентр Вайоцзорского разрушительного землетрясения 735г. (M=6,5-7,0) сформировалось несколько громадных оползней-блоков, четко фиксируемых в рельефе местности и на топографических картах (рис.48). Эти оползни постоянно деформируют полотно автомобильной дороги, что весьма опасно, т.к. данная дорога – единственная, связывающая столицу Армении с югом республики и имеющая стратегическое значение. Активность оползней Угедзорского участка связана, по всей вероятности, с активностью Вайоцзорского разлома, по которому происходят медленные (криповые) подвижки его бортов (Бойнагрян, 2005).

Агаракадзорский оползень расположен на левом склоне долины р.Грав (левый приток р.Арпа), в ее нижнем течении, в юго-западной части одноименного села. Оползень небольшой, его площадь не превышает 10 га.

В оползневое смещение вовлечены склоновые щебенисто-дресвяные грунты с супесчано-суглинистым заполнителем и отдельными обломками коренных пород, а также с включениями крупных глыб размером до 2-3м в диаметре.

Вертикальное смещение оползня составляет 20-25м, стенка отрыва прослеживается в виде крутого скалистого уступа.

Оползень ступенчатый, его поверхность осложнена многочисленными трещинами растяжения, ширина которых достигает 15-20см. Активизация оползня произошла в 2003г., что проявилось образованием трещин на поверхности древнего оползневого тела и деформаций жилых и подсобных помещений, находящихся на теле оползня. Причинами активизации Агаракадзорского оползня являются:

- переувлажнение рыхлообломочной склоновой толщи за счет талых и дождевых вод, появления новых родников и резких колебаний расхода существующего ранее родника;

- утечки воды из оросительного канала, чрезмерные поливы приусадебных участков, постоянно открытые краны питьевой воды во дворах сельчан и т.п.

5.1. Оползни бассейна р.Азат

В бассейне р.Азат на общем фоне мелких оползней имеется несколько крупных и очень крупных оползней-блоков и оползней-потоков и более десятка оползней-потоков средних размеров.

Большинство оползней зоны Гарни-Гохт-Гегмаовит-Байбурд характеризуются средней интенсивностью оползневых проявлений. Однако отдельные участки в пределах этой зоны имеют очень сильную (у с.Гарни) и весьма сильную (у с.Гохт, участок сс.Байбурд - Гегмаовит) интенсивность оползневых проявлений (Генераль. схема ..., 1986).

К Гехардскому разлому широтного простирания, представляющему собой взброс с приподнятым южным крылом, приурочен крупный (5х4км²) Ацаванский оползень, расположенный между сс. Ацаван и Гарни (рис. 49).

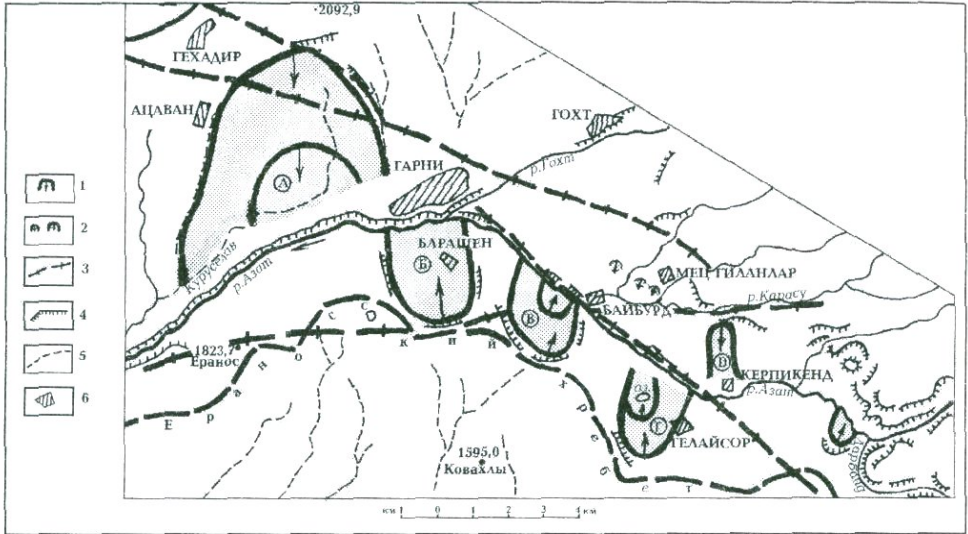


Рис. 49 . Схема размещения оползней в бассейне среднего течения р.Азат (составил В.Р.Бойнагрян): А – Ацаванский, Б – Гарнийский (Блрашенский), В – Байбурдский, Г – Гелайсорский, Д – Керпикендский; 1 – крупные оползни-блоки и оползни-потоки, 2 – мелкие оползни, 3 – разломы (показаны согласно данным “Компл. шлж.-геол. изыск...”, 1992), 4 – обрывы, 5 – водораздельная линия, 6 – населенные пункты

На левобережье р.Азат имеется три относительно крупных оползня: Гарнийский (Блрашенский) длиной 3км и шириной 2км, Байбурдский (2х1,6км) и Гелайсорский (2,7х1,8км), приуроченных к зоне Гарнийского разлома. На тлах последних двух оползней имеются оползни второго порядка, возникшие позже. Они четко обособляются по топографической карте и аэрофотоснимкам, а также на местности по характерному оползневому рельефу, наличию стенок срыва, суффозионных воронок, мелких озерков.

У развалин с.Керпикенд, на правом склоне долины р.Азат имеется оползень-поток длиной 1,8км и шириной 0,7км, который, по-видимому, стал причиной разрушения села.

Мелкие оползни есть к востоку и северо-востоку от с.Байбурд, к северо-западу от устья р.Дарбанд, в окрестностях с.Гохт и др.

выплеснулся на противоположный берег. По наблюдениям сотрудников ИГН НАН РА, оползень-поток образовал в русле р.Веди временную дамбу высотой 6-10м. Оползневые массы с большой скоростью пронеслись вниз по течению р.Веди еще на 4-5км. Высота языковой части оползня-потока, по их же допущению, в среднем должна была составлять 3-5м, а в узких местах – до 10м (Караханян и др., 2007).

Крупный древний оползень-поток длиной 3-3,5км и шириной 1,5-2км имеется в бассейне левого притока р.Веди в окрестностях развалин сс.Инкала и Ахс (рис. 50а). Его образование связано с выходами родников из-под лав Гегамского вулканического массива в головной части оползня.

К западу от Джерманисских оползней-блоков, на юго-восточном склоне долины р.Кюсуз (правый приток р.Веди) имеется два относительно небольших оползня-потока: первый у развалин с.Гелджгин, второй в 0,5км к югу от него. Гелджгинский оползень-поток глетчерообразной формы имеет длину 2,9км и ширину 0,8-1,3км. Вертикальное смещение его составляет 100м, а горизонтальное – около 200м. Язык оползня отклонил русло р.Кюсуз к северо-западу.

Поверхность оползня ступенчатая. На теле оползня (на нижней ступени) имеются небольшие озерца (рис. 50а).

Южный оползень имеет длину в 1,5км и ширину в 0,6км. На его теле имеется несколько мелких озерков.

Крупные оползни расположены у сс. Карахач и Шагап. У с.Шагап древний оползневой (сорванный) блок вытянут вдоль реки на несколько километров и охватывает склон северной экспозиции почти на всю его длину. Здесь сползшие массы (породы олигоцена северного склона Урцского хребта) “съехали” по поверхности палеозойских скальных пород, которые имеют крутое падение в сторону реки Селав (левого притока р.Веди). Оползневой блок хорошо прослеживается на местности и по аэрофотоснимкам. На последних четко фиксируется стенка отрыва высотой до 500м, сползший блок и направление сползания.

В настоящее время этот древний оползневой блок подмывается рекой, поэтому отмечается активизация отдельных его частей.

На правом склоне долины р. Селав, в ее верховьях, у сс.Ланджанист и Лусашох имеется два крупных оползня-потока, сформировавшихся в зоне разлома СЗ-ЮВ простираения, проходящего вдоль склона юго-западной экспозиции небольшого хр.Катарасар (водораздел между верховьями р.Веди и ее притока р.Селав). Здесь на оползневом участке имеются многочисленные выходы родников, обильно увлажняющие рыхлообломочные образования склона названного выше хребта.

Поверхность обоих оползней ступенчатая, имеются небольшие валы и бугры. На теле Лусашохского оползня расположено несколько мелких озерков (рис. 51).

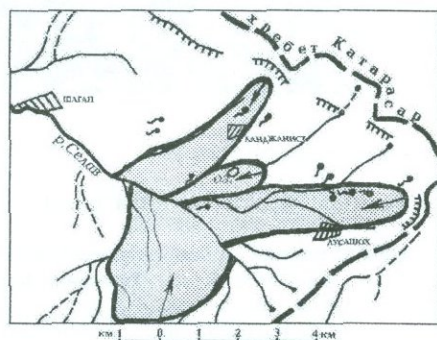


Рис. 51. Схема местоположения Ланджанистского и Лусашохского оползней

Оползневые проявления на этом участке имеют весьма сильную интенсивность.

Все вышеназванные оползни-блоки и оползни-потоки бассейна р.Веди были выделены В.Р.Бойнагряном еще в начале 80х годов XXв. во время полевых работ, а затем были уточнены в процессе дешифрирования аэрофотоснимков. О них говорится в работах названного исследователя (Бойнагрян, 1990; 2005; 2007), а также в докторской

утверждением, что Джерманисские оползни впервые были закартированы сотрудниками Института геологических наук НАН РА в 1997г. (Караханян и др., 2007). Об этих оползнях они не могли не узнать из диссертации В.Р.Бойнагряна, посланной в ИГН на отзыв (ИГН был ведущей организацией при защите), тем более, что оползни были отмечены на карте (стр. 307 диссертации) под номерами 24, 25, 26 27.

§6. Оползни бассейна р.Воротан

В бассейне р.Воротан оползнями поражена территория общей площадью 158,5км². Оползни развиты в основном в вулканогенно-осадочных породах и представлены оползнями-потоками и оползнями-обвалами, редко – оползнями-блоками небольших размеров.

Оползни имеются в окрестностях сс.Шагат, Ашотаван, Ацаван, Тазагюх, Арвник, Ахлатян, Дастакерт, Софлу, Татев, Караундж, Шинуайр-Хот, Ангехакот, Спандарян и др. (рис. 52).

У Гориса оползни связаны с сисианской диатомитовой толщей. Смещаются сами диатомитовые глины и перекрывающие их лавы в результате переувлажнения глин подземными водами и давления лав.

У с.Дастакерт ползут переувлажненные подземными водами склоновые рыхлообломочные образования (дефлюкционные, делювиальные), а также аллювиальные и пролювиальные отложения, формирующие оползни-обвалы и оползни-потоки небольших размеров (длина – до 200м, ширина – до 60м).

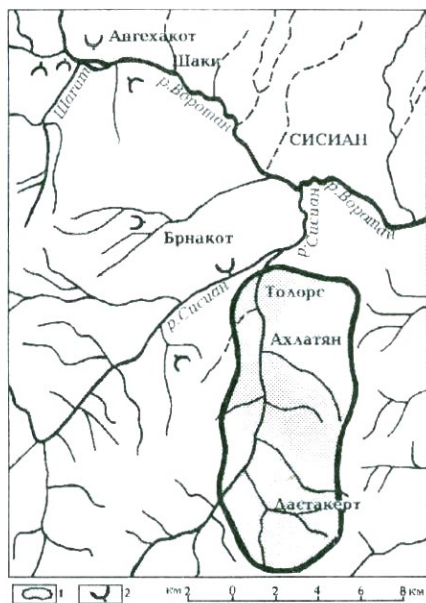


Рис. 52. Схема размещения оползней в бассейне р.Воротан: 1 – участок интенсивного развития оползневых процессов, 2 – отдельные оползни

Интенсивность оползневых процессов в бассейне р.Воротан характеризуется от средней до очень сильной и весьма сильной. При этом очень сильная интенсивность проявляется в верховьях р.Базарчай и в окрестностях сс.Караундж и Шинуайр-Хот (общая площадь, пораженности оползнями здесь составляет 56км²), а весьма сильная

площади в 17 км^2 (Генераль. схема ..., 1986).

У с. Караундж пораженный оползневыми сдвигами участок охватывает площадь в 6 км^2 на правом склоне долины р. Горис, в ее среднем течении и южной части села. Здесь по ущелью р. Горис протягивается крушной разлом близ меридионального направления, в зоне которого распространены гидротермально измененные каолинизированные породы. Вдоль этого тектонического нарушения имеются выходы пресных и минеральных вод, с ним совпадает левый борт Караунджского оползня.

Караунджский оползень характеризуется следующими параметрами (Манукян, 1976):

- абсолютная высота бровки отрыва – 1310 м, подошвы оползня в ущелье р. Горис – 1070 м;
- длина оползня – 830-850 м, ширина – 120-130 м (головная часть) и 180-220 м (центральная часть);
- мощность смещенных масс – 10-28,5 м;
- амплитуда смещения – 1-1,5 м.

В смещение вовлечены пылеватые, реже песчаные, слабо уплотненные и слабо влажные, вязкие глины; рыхлые, пористые и слабо увлажненные суглинки, а также супеси, глыбово-щебенистые и дресвяные грунты.

Поверхность скольжения проходит по увлажненным глинам голубовато-стального цвета и мощностью 1,2-1,5 м.

Оползень активный, имеются трещины растяжения, деформации расположенных на нем строений. Активизация оползня произошла в 1975-1976 гг.

Формирование Караунджского оползня связано с наличием увлажненных гидротермально измененных и каолинизированных (оглиненных) пород под рыхлообломочной толщей и с сейсмическими сотрясениями участка при сильных землетрясениях (последние здесь достигали силы 6 баллов в 1431 и 1968 гг.).

§7. Оползни бассейна р. Ахурян

На левом берегу долины р. Ахурян у с. **Мармашен** ползут огромные участки склонов, сложенных озерной толщей и вулканическими туфами. Смещение грунтов здесь связано с подвывом основания склона и увлажнением пластичных глин (рис. 53).



Рис. 53. Оползневой массив на склоне долины р. Ахурян у с. Мармашен (фото Г. Манасяна)

У с. **Кети** ползет элювий туфов и туфобрекчий. Мощность смещаемой массы составляет 7 м. Небольшие оползни есть и у сс. **Джралзор, Илли, Торосгюх** и др. Формирование этих оползней связано с увлажнением пластичных глин водами родников (рис. 54).



а



б

Рис. 54. Оползневой массив у с.Арапи (а) и поврежденное от оползневых подвижек подсобное строение (б) (фото Г.Манасяна)

Оползневой участок “Джаджур” расположен на правом борту ручья Бамкадзор у Джаджурского перевала, севернее западного портала железнодорожного тоннеля, на участке автодороги Гюмри – Ванадзор (рис. 55).

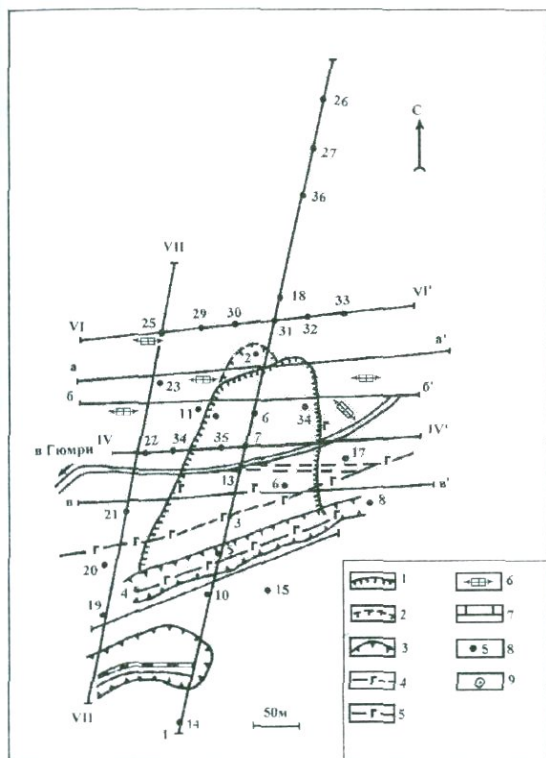


Рис. 55. Схематический план оползневой участка в районе Джаджурского перевала:

1 – контуры оползневой тела, осень 1980г.; 2 – контуры оползневой тела, весна 1981г.; 3 – выемка;
4 – нарушенная линия газопровода;
5 – новая линия газопровода;
6 – опоры ЛЭП;
7 – геофизические профили;
8 – точки ВЭС; 9 – скважины

Оползневые смещения произошли здесь в мае-июне 1980г. в результате подрезки склона для прокладки новой дороги.

Оползень циркообразной формы образовался на делювиальном склоне южной экспозиции, имеющем наклон в 15-25°. Это – поверхностный оползень асеквентного характера, поверхность скольжения которого проходит на глубине от 6,8м до 21,5м в увлажненных легких пылеватых глинах. Последние являются водопором и при увлажнении переходят в мягкопластичное и текучепластичное состояние. Это ведет к резкому снижению их прочностных свойств и способствует смещению вышележащих глин, суглинков и супесей с включениями каменного материала, которые инфильтруют атмосферные осадки в подстилающие их аналогичные склоновые образования без каменного материала.

Грунтовые воды выходят на поверхность в виде малodeбитных родников с суммарным дебитом 2,0 л/сек непосредственно на самом оползневом склоне.

Коренные породы - (осадочные известково-илистые породы верхнего мела и вулканогенные отложения среднего эоцена (туфопесчаники, туфобрекчии) - в верхней своей части (до 8-10м) сильно раздроблены, видоизменены до глинисто-суглинистого состояния, увлажнены и структурно непрочны. При дальнейшем насыщении грунтов водой может сформироваться новая поверхность скольжения, и смещение оползня произойдет с захватом коренных пород.

Оползень весьма активный. Он характеризуется мелкобугристым, ступенчатым рельефом, многочисленными трещинами растяжения, сжатия, сдвига (рис. 56).



Рис. 56. Джаджурский оползень (фото Г.Манасяна)

Оползень имеет длину 230м, ширину в центральной части - 190-200м и в нижней части – 260м. Высота бровки отрыва составляет 1,5-3,8м. Верхняя граница оползня подчеркивается по головному срыву, восточная и западная границы – по бортовым срывам высотой 1,5-2,0-3,5м.

Язык оползня проходит приблизительно по центральной части выемки (последняя была создана для новой трассы автодороги) и формирует здесь вал выпирания высотой 1,2-1,5м.

Землетрясение 1988г. способствовало новой активизации этого оползня.

§8. Оползни бассейна р.Вохчи

Бассейн р.Вохчи - один из самых сложных в геолого-тектоническом и инженерно-геологическом отношении районов Армении, где довольно активны опасные экзогенные процессы и часты сильные разрушительные землетрясения (8-9 –балльная зона).

Оползни здесь имеют широкое распространение и развиты в основном на склонах северной и северо-восточной экспозиций, которые характеризуются значительными скоплениями рыхлообломочных образований разного происхождения. Наибольшей

течении от устья р.Карт до впадения р.Гехи в Вохчи), среднего течения р.Вохчи на участке ее северо-восточного простираения, а также на территории гор.Капан и его окрестностей (рис. 57).

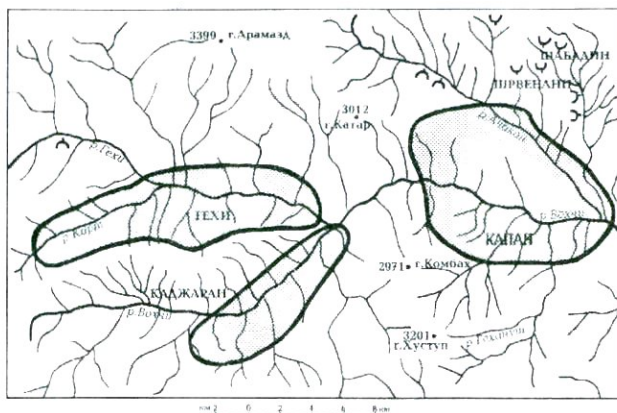


Рис. 57. Схема размещения участков интенсивного проявления оползневых процессов в бассейне р.Вохчи

Оползневые подвижки в бассейне р.Вохчи начались еще в верхнемиоцен-четвертичное время в связи с общим поднятием всего бассейна и интенсивным расчленением древнего пенеплена. Глубинная эрозия основной реки бассейна и ее притоков способствовала нарушению равновесия склонового рыхлообломочного чехла и формированию крупных оползней.

Древние крупные (нередко громадные) оползни отчетливо выявляются у подножий северных склонов Мегринского хребта и на северо-восточных склонах междуречья Галидзор-Халадж не только непосредственно при полевых исследованиях, но и по топографическим картам и аэрофотоснимкам.

Древние оползни имеют ступенчатую (результат их неоднократных подвижек), бугристую, редко ровную или глыбовую поверхность. Встречаются они группами, например, на северных склонах г.Даразлю имеется более 10, а на восточных склонах гг. Каварт, Орех и Мища – более 15 оползней.

По типу смещения почти все древние оползни здесь относятся к деляпсивным (соскальзывающим).

В пределах древних оползневых цирков имеется более 70 современных действующих оползней значительно меньших размеров. Их формирование обусловлено геоморфологическими, тектоническими, литологическими, гидрогеологическими и антропогенными факторами.

В настоящее время наиболее опасными в отношении возникновения новых оползневых смещений, активизации и расширения действующих оползней являются:

- западный склон Каджаранского карьера;
- правый склон (северная экспозиция) долины р.Вохчи на участках городка детских лагерей отдыха, Бех-Вачаганского (здесь 8 оползней мощностью 7-21м) и Багабурджского (“Вокзальный” оползень) плато и долины р.Каварт;
- села Ленгруппа, Арфик, Шаумян;
- улица Леннагорцинери в Капане и др.

На территории городской агломерации зафиксировано 12 оползневых участков общей площадью 143га (табл. 8).

Таблица 8.

Характеристика оползневых участков Капанской агломерации по типу и структуре смещения (по: Научно-метод. и информ. прогр. 1997-1998)

№ п/п	Наименование участков	Тип смещения	Структура смещения
1.	Арфик	Асеквентный	Оползень-обвал
2.	Вокзальный	Асеквентный	Детрузивный
3.	Багабурдж	Асеквентный	Детрузивный
4.	Гехануш	Асеквентный	Оползень-поток Детрузивный
5.	Бех-Вачаган	Консеквентный	Детрузивный
6.	Бапкэнд	Асеквентный	Детрузивный
7.	Барабатум	Асеквентный	Детрузивный
8.	Ленгруппа	Консеквентный	Детрузивный
9.	Каварт	Асеквентный	Детрузивный
10.	Андраникашен	Консеквентный	Детрузивный
11.	Гамлетаван	Консеквентный	Оползень-обвал
12.	ул. Арутюнян	Асеквентный	Оползень-обвал

8.1.1. Арфикский оползневой участок

Данный оползневый участок охватывает площадь с.Арфик и прилегающие территории на правом склоне долины р.Каварт (левый приток р.Вохчи) и включает в себя шесть отдельных оползней первого порядка и многочисленные оползни II и III порядков, развившиеся на более ранних оползнях и свидетельствующие об активизации оползневого процесса, которое было отмечено здесь с 1995г. (рис. 58).

Оползневые подвижки на этом участке начались еще в октябре 1960г. в результате перегрузки склона из-за посадки деревьев и его переувлажнения при террасировании (задержка воды).

Длина оползневого участка составила 170м, объем смещенных масс – 312 тыс.м³. В смещение были вовлечены глины и суглинки, характеризующиеся высокой влажностью (18-30%) и пористостью (43-45%). Последняя способствует насыщению грунтов склона водой, что создает дополнительную нагрузку на склон порядка 100-120тыс. т (Аветисян, Анаян и др., 1971).



Рис. 58. Общий вид Арфикского оползня

частности, в окрестностях села проходит Мец Магаринский разлом). На формирование оползней на данном участке и их активизацию воздействовали несколько факторов: большая крутизна склонов; значительная мощность рыхлообломочных образований (20-30м, местами до 40м), в состав которых входят не только собственно склоновые (делювий, дефлюкций), но и выветрелые и раздробленные до состояния щебня туфопесчаники, а также гидротермально измененные до глинистого состояния те же туфопесчаники и туффиты; выходы родников дебитом 30-50л/сек на контакте рыхлого покрова и коренных пород; горнопроходческие и взрывные работы, ослабляющие целостность и устойчивость массива горных пород на склоне, чрезмерный полив личных участков, утечки воды из различных водоводов и т.п.

Оползни II и III порядков четко выделяются на теле более ранних оползней. Стенка их отрыва имеет высоту от 0,5 до 2,5м (местами до 4м), поверхность характеризуется ступенчатым рельефом, многочисленными трещинами шириной 1-20м и длиной 3-10м (Научно-методич. и информ. программа ..., 1997-1998).

В настоящее время Арфикский оползень продолжает оставаться активным. В поселке большинство жилых домов и хозяйственных построек находится в аварийном состоянии (рис. 59 и 60).



Рис. 59. Полное разрушение жилых домов на оползневом участке "Арфик" (фото Д.Г.Аракеяна)



Рис. 60. Фрагмент тыловой части здания на оползневом участке «Арфик» с характерной оползневой трещиной (фото Д.Г.Аракеяна)

Данный действующий оползень глетчеровидной формы в плане расположен на правом склоне долины р.Вохчи в Капане в районе железнодорожного вокзала (рис. 61).

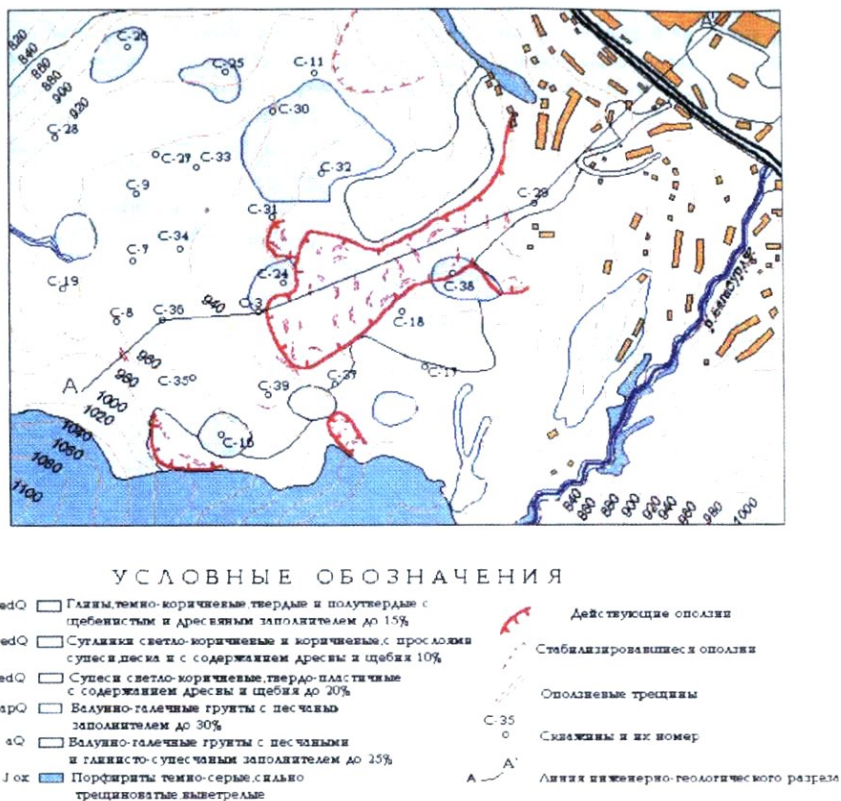


Рис. 61. Карта оползневой ситуации участка "Вокзальный"

Здесь ползут элювиально-делювиальные глины, суглинки и супеси с довольно высокой (до 31,0-51,6 %) карбонатностью по оглиненной поверхности гидротермально измененных пород (рис. 62).

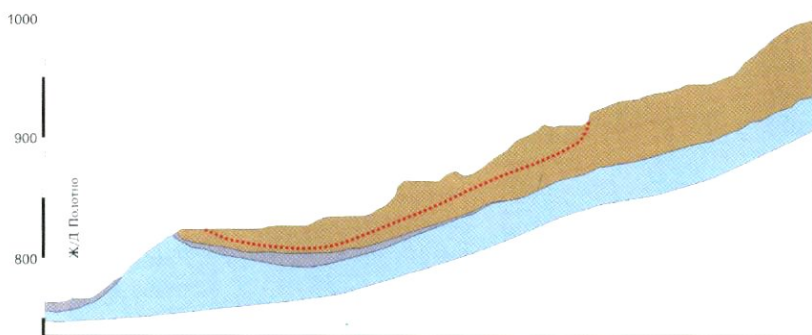


Рис. 62. Инженерно-геологический разрез оползневой участка "Вокзальный"

Схематический инженерно-геологический разрез оползневой участка "Вокзальный".

- Супесь светло-коричневая, твердо-пластичная, до 20% дресвы и щебня, местами карбонатизированная
- Валуно-галечные грунты с глинистым и супесчаным заполнителем до 25%
- Порфириды, туфпорфиры, гидротермально измененные, сильно трещиноватые

Мощность сместившихся масс, по данным бурения, составляет 12-20м.

Оползень асеквентный, по механизму смещения – детрузивный.

Поверхность оползня бугристая, хорошо видны оползневые деформации, бровка и стенка отрыва сместившейся массы (рис. 63, 64, 65).



Рис. 63. Оползневые деформации склона на участке “Вокзальный” с бровкой отрыва и направление смещения (фото Д.Г.Аракеяна)



Рис. 64. Фронтальная экспозиция оползневого участка “Вокзальный” (фото Д.Г.Аракеяна)



Рис. 65. Фрагмент бровки отрыва оползня “Вокзальный” (фото Д.Г.Аракеяна)

0,7м, а оползней N2, и 3 в ЮЗ части участка – 5-8м.

На основном глетчеровидном оползне имеются многочисленные трещины длиной до 45м (Научно-методич. и информ. прогр. ..., 1997-1998).

Данный оползневой участок представляет угрозу железной и автомобильной дорогам, городским строениям и приусадебным хозяйствам.

8.1.3. Оползневый участок ул.Арутюнян

Данный оползневой участок расположен на правом берегу р.Вохчи и примыкает к железнодорожному полотну (рис. 66).

Инженерно-геологическая карта оползневой участка по ул.Арутюнян г.Капана

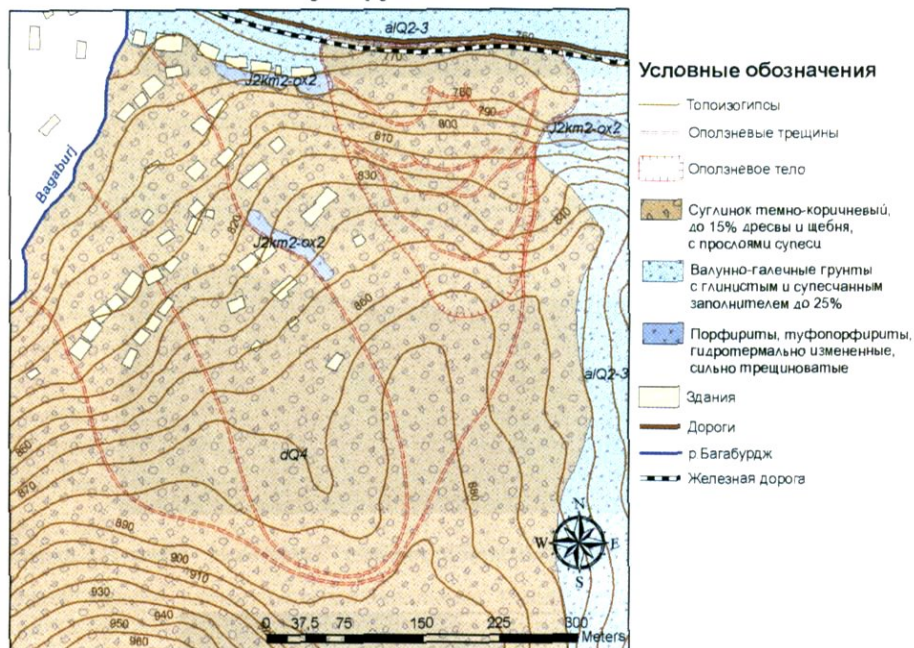


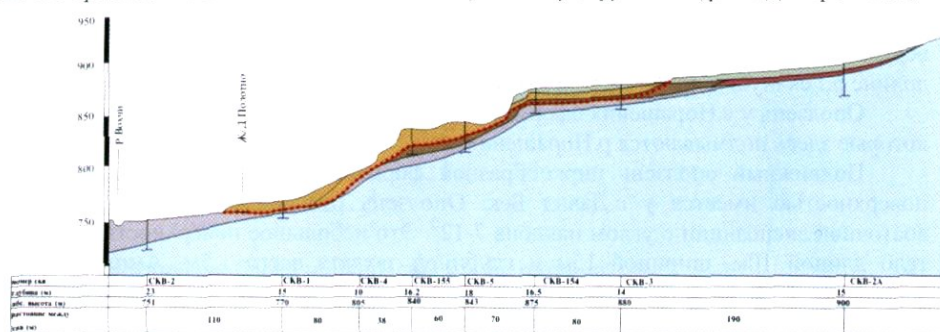
Рис. 66. Карта оползневой ситуации участка ул.Арутюнян

Длина оползневой участка составляет 420-450м, ширина – 400-420м, занятая площадь – 16га (Научно-методич. и информ. прогр. ..., 1997-1998).

На теле древнего сейсмогенно-блокового оползня здесь сформировалось два новых оползневых блока. Один из них расположен в ЮЗ части оползневой участка, имеет длину 440м и мощность до 10-16м. Высота стенки отрыва составляет 0,5 – 0,7м. На его поверхности имеются многочисленные трещины. Язык этого оползневой блока дошел до русла р.Багабурдж. В настоящее время данный блок временно стабилизирован.

Другой блок находится в СВ части оползневой участка и проявляет признаки активности. Длина этого блока составляет 230-290м, высота стенки отрыва – 16 – 18м. В языковой части оползня имеются валы выпирания высотой до 9м (рис. 67).

Рис. 67. Фрагмент языковой части оползневого участка ул.Арутюнян (фото Д.Г.Аракеляна)



dQ_v Глины темно-коричневые, твердые, с щебенистым и древесным заполнителем до 15% **dQ_v** Суглинок темно-коричневый, до 15% дресвы и щебня, с прослоями супеси. **dQ_v** Супесь светло-коричневая, твердо-пластичная, до 20% дресвы и щебня, местами карбонизирована **dQ_v** Щебенистые грунты с глинистым заполнителем до 30%, с прослоями супеси. **apQ_v** Валунно-галечные грунты с глинистым и супесчаным заполнителем до 25%. **Jsok-kt** Порфириты, туфопорфириты, гидротермально измененные, сильно трещиноватые

Поверхность оползня осложнена тремя ступенями. В смещение вовлечены глины, суглинки и супеси, которые ползут без захвата коренных пород (рис. 68).

Рис. 68. Инженерно-геологический разрез оползневого участка ул.Арутюнян

Смещающиеся грунты выделяются значительной (до 10-56%) карбонатностью и естественной влажностью (до 17-30%).

Этот оползневой блок угрожает транспортным коммуникациям и жилому микрорайону, поэтому здесь постоянно проводятся земляные работы по удалению смещающихся оползневых масс (рис. 69).



Рис. 69. Панорама склона оползневого участка ул.Арутюнян. Видна бровка отрыва. На оползне проводятся земляные работы по разгрузке склона (фото Д.Г.Аракеляна)

техногенными факторами, а также, возможно, с медленными (криповыми) подвижками сейсмогенного характера.

Остальные оползни Капанской агломерации в целом относительно небольшие (по сравнению с вышеописанными) и за редкими исключениями угрожают пашням, отдельным участкам улиц, водоводам и газопроводу, а также могут стать источником твердой фазы селей. Их активность связана как с природными, так и с техногенными факторами.

8.2. Оползни вне Капана

Активные оползни поверхностного смещения широко распространены и вне Капана на задернованных и залесенных склонах северной и южной экспозиций долины р.Вохчи и в верховьях его притоков. Это – оползни у сс.Ачхлу, Шабадин, Шрвенанц, Норашеник в долине р.Гехануш и др.

Оползень у с.Норашеник сформировался в отвалах пустой породы горных выработок, которые здесь подмываются р.Норашеник.

Подвижный оползень циркообразной формы в плане и с неровной, ступенчатой поверхностью имеется у с.Давид Бек. Оползень расположен в средней части склона восточной экспозиции с углом наклона 7-12⁰. Это небольшое поверхностное сместившееся тело длиной 10м, шириной 15м и глубиной захвата всего 1,5м. Амплитуда смещения составляет 0,3-0,4м. Здесь ползут темн-окиричные элювиально-делювиальные глины по увлажненной и оглиненной поверхности вулканогенно-осадочной толщи нижнего мела. Оползневые подвижки связаны с вибрацией склона, примыкающего к автомобильной дороге, и с инфильтрацией атмосферных вод в склоновые рыхлообломочные образования. У оползневого языка сформировался вал выпирания высотой 1,5м, а полотно автодороги просело на 0,5м.

§9. Оползни бассейнов рр.Ахум, Тавуш и Хндзорут

В бассейнах рр.Ахум, Тавуш и Хндзорут оползневые проявления распространены довольно широко. Сместившиеся массы представлены разнородной толщей супесей, суглинков и глин со щебенкой, дресвой и отдельными глыбами (последние встречаются только в крупных оползнях).

Мощность оползневых накоплений колеблется от 1-5м (в случае мелких оползней-сплывов и оползней-оплывин) до 20-50м (в случае оползней средних и крупных размеров) и 100-150м (в случае громадных тектоно-сейсмогравитационных оползней-блоков и оползней-потоков).

В бассейне р.Ахум наиболее крупные тектоно-сейсмогравитационные сместившиеся тела распространены в среднем течении реки на ее левобережье. Это - четыре крупных блока длиной до 1,5-2,5км и шириной до 0,75-1км. Мощности их колеблется в пределах от 50-75м до 100-150м (бурение здесь не производилось, приведенные цифры получены по построенным профилям оползневых склонов).

Сместившиеся тела в двух случаях отклонили русло р.Ахум вправо на 250м (южный блок) и 500м (северный блок, находящийся в 2,5км к юго-юго-западу от с.Цахкаван). У третьего оползня (Цахкаван-3) р.Ахум, по-видимому, сумела срезать его языковую часть (рис. 70).

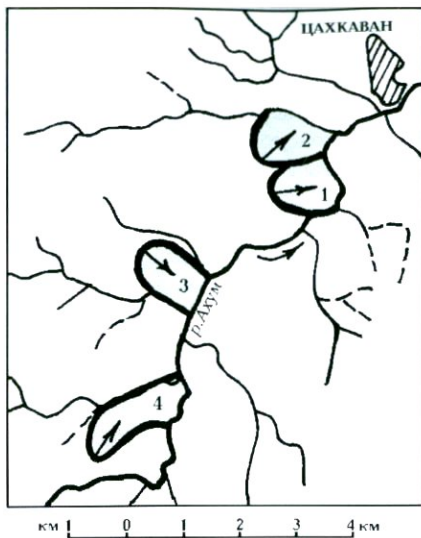


Рис. 70. Оползни-блоки в долине р.Ахум

Все четыре оползня-блока приурочены к зоне разлома.

На склонах северных экспозиций в верховьях притоков р.Ахум довольно часто встречаются оползни-сплывы и оползни-оплывины. Они охватывают склон в виде вытянутых полос шириной до 100-250м и длиной до 0,8-1,0км. Смещается толща рыхлообломочного материала небольшой мощности (обычно 0,5-1м, редко больше) по поверхности коренных пород (нередко смещается только дерновый покров).

В бассейне р.Хидзурт, в его верховьях, имеется два тектоно-сейсмогравитационных оползня-блока длиной 0,8-1км и шириной до 300-500м, также приуроченные к зоне разлома.

Здесь коренные породы (песчаники, туфопесчаники, туфобрекчии, порфириты, туфоконгломераты и др.) изменены до глинистого состояния (воздействие гидротермальных растворов), сильно увлажнены и смещены на 100-150м по вертикали. Мощность сместившейся оползневой массы составляет 70-100м.

Еще один относительно крупный оползень мощностью до 30 – 50м имеется в долине р.Саджагатап (левого притока р.Хидзурт). Здесь по линии разлома произошло смещение выветрелого рыхлообломочного материала по поверхности кварцевых порфиритов. Длина сместившегося блока составляет 750м, ширина – 500м.

Остальные оползневые проявления здесь носят поверхностный характер (мощность порядка 2-4м).

В бассейне р.Тавуш оползневые проявления приурочены в основном к участкам распространения лессовидных суглинков, супесей и глин и имеют в целом сравнительно небольшую мощность (10-25м). Это – оползни к ЮВ от Берда, оползень в самом Берде, оползни в окрестностях с.Мосесгех, а также у Тавушского водохранилища. По размерам все они небольшие: длина 50-250м (редко до 750м), ширина 50-150м. Смещение рыхлой толщи произошло в результате подрезки основания склона (дорогой или подмыв рекой).

Оползень Берда циркообразной формы достигает длины 600м, ширины 600м и мощности примерно 20м. Вертикальное смещение тела оползня составляет 5,2м.

Оползневые накопления представлены девятью литологическими разностями от легких пылеватых суглинков до пластичных глин с включениями обломочного материала от 10 до 45%, дресвяно-щебенистыми отложениями с глинистым и суглинистым

уменьшается сила сцепления. Это и приводит к формированию оползней.

Смещение Бердского оползня произошло по сильно увлажненной (влажность – 44,6-55,4%) поверхности глин с текуче-пластичной консистенцией. Эти глины налегают на трещиноватые выветрелые известняки. Смачивание поверхности скольжения происходит за счет атмосферных осадков, утечек воды из водоводов, чрезмерного полива личных огородов жителями города, а также трещинными водами (Мироян и др., 1985).

Оползень активный, отмечается деформация сооружений (в 26 жилых домах есть трещины и различные деформации).

Мосесгехский оползневой участок расположен на северо-восточной окраине одноименного села на правом берегу р. Мосес. Это – активный оползень длиной 170-230м, шириной 300м и мощностью 29,2 - 45,8м (данные бурения). Высота стенки срыва составляет 2,5-4м, превышение бровки отрыва над базисом оползня – 70-80м. Оползень занимает территорию площадью 60000м² (Манукян, Заргарян, 1971; Заргарян, Оганисян, 1977).

Рельеф оползня мелкобугристый, местами ступенчатый. Наклон оползневого склона в среднем составляет 18⁰.

Здесь ползут пылеватые глины, светло - и темнокоричневые, плотные, слабовлажные, вязкие суглинки с включениями дресвы и щебня вулканических пород, реже – супеси по поверхности вулканогенных пород (порфириты, их туфы, туфобрекчии и туфопесчаники) верхнего мела.

Оползневые смещения вызваны увлажнением грунтов атмосферными водами и подъемом подошвы склона селеносным оврагом.

Наиболее интенсивные смещения Мосесгехского оползня отмечаются весной. В это время по поверхностным реперам (глубина заложения – 2м) фиксируются подвижки до 1,7м в языковой части и 1,5м – в центральной части оползня. На теле оползня трещины имеют ширину до 5-8м и видимую глубину до 2м. Хотя оползень периодически активизируется, он не причиняет вреда селу, т.к. расположен на другом берегу реки (Манукян, Заргарян, 1971).

У *Арменасара* в конце июля 1988г. образовался оползень объемом примерно 3500-5000м³, который погреб под собой беседку, расположенную ниже по склону. Оползень сформировался в результате переувлажнения сильно выветрелых (до глинистого состояния) гранодиоритов, в которые постоянно просачивалась вода. Стенка срыва оползня имеет здесь высоту 4-5м, длина оползневого тела составляет 50-60м, мощность - 3-5м (личные наблюдения В.Р.Бойнагряна).

§10. Оползни бассейна озера Севан

Оползни данного бассейна в инженерно-геологическом отношении относятся к Севано-Ширакскому региону, в строении которого принимают участие чередующиеся свиты глинистых сланцев, известняков и вулканических пород верхней юры-нижнего мела, вулканогенно-осадочные отложения тулона-коньяка, глинистые известняки сантона-маастрихта, вулканогенные отложения эоцена, песчано-глинистые угленосно-сланцевосные отложения верхнего олигоцена-нижнего миоцена (Целевая программа..., 1997).

Оползни на северо-восточном побережье оз.Севан расположены вдоль надвиговых подвижек (Казанчян, 1989) у сс. Артаниш, Агбуга, Джил, Памбак, Даранак (Дара), Кясаман, Арегуни (Гюней), Авазан (Гейсу) и др. и в целом имеют средние и мелкие размеры и представлены оползнями-обвалами и оползнями-потоками (наиболее крупные

связаны со сбросами) – рис. 71.

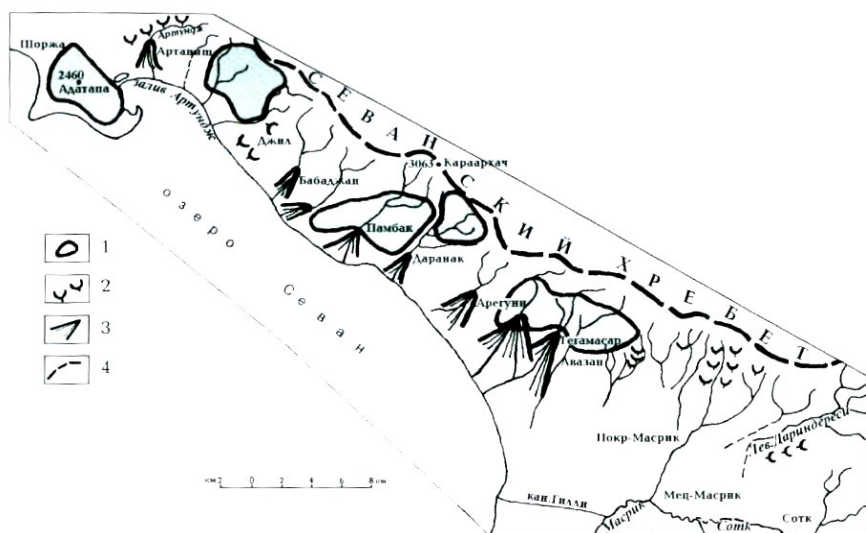


Рис. 71. Схема размещения оползней на северо-восточном побережье оз.Севан (составил В.Р.Бойнарян): 1 – ареалы интенсивного проявления оползневых процессов, 2 – отдельные оползни, 3 – проluvальные конусы выноса, 4 – водораздел Севаанского хребта

Наибольшая активность отмечается у оползней, сформировавшихся в окрестностях сс.Кясаман и Авазан (Гейсу). В обоих случаях ползут рыхлообломочная склоновая толща и видоизмененные верхние горизонты коренных пород. Мощность смещаемых масс превышает 25м. В телах оползней имеются многочисленные свежие трещины растяжения. Активизация этих оползней связана с подмывом склона протекающими речками.

В оползне с.Кясаман имеются крупные глыбы скальных пород, которые могут создать угрозу сельским домам.

Остальные оползни северо-восточного побережья оз.Севан в основном стабилизировавшиеся и в настоящее время не представляют угрозу. Их мощности колеблются в пределах от 10м до 25м и более. Оползневые массы представлены склоновыми рыхлообломочными образованиями и верхними горизонтами гидротермально измененных коренных пород (известняков, песчаников, алевролитов и др.). В отдельных оползнях отмечается слабая глубинная ползучесть.

На западном берегу оз.Севан на Еранос-Дзорагюхском участке вдоль сбросового участка и до самого берега озера сместились (сползли) огромные массы вохчабердской и белесоватой свит с глыбами андезитовых лав на поверхности – рис. 72.

В настоящее время этот стабилизировавшийся в прошлом крупный оползневой блок проявляет признаки активности в результате подрезок отдельных его частей при прокладке проселочной дороги, подмыва водоток, утечек воды из оросительного канала, полива размещенных на нем огородов и строительства сельчанами жилых и подсобных зданий. По его краям возникли небольшие современные оползни, пришли в движение отдельные участки в средней части блока, стали повреждаться жилые и подсобные сооружения.



Рис. 72. Верхняя часть Ераносского оползня (фото В.Р.Бойнагряна)

ОПОЛЗНЕВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Наши исследования показали, что на склонах гор Армении мощность рыхлообломочных образований в целом небольшая, однако в оползневые подвижки вовлекаются значительно более мощные толщи. Это противоречие объясняется, во-первых, тем, что оползневыми смещениями захватываются и коренные породы (их верхние ослабленные вследствие разных причин горизонты), которые при смещении раздробляются и перетираются, поэтому создается впечатление о значительной мощности рыхлообломочных склоновых образований. Во-вторых, нередко современные (а также и древние) оползни приурочены к понижениям в рельефе поверхности коренных пород – древним логам, в которых концентрируется выветрелый материал (щебенка, дресва, мелкоземистые частицы) и растительный опад (сносятся в эти логи дождевыми и тальными водами с возвышенных участков склонов). Мощность рыхлообломочного материала в таких логах может достигать 3-5 м и более (а местами – нескольких десятков метров). В-третьих, смещаются грунты иного (не склонового) происхождения: озерные отложения, вулканические туфы и лавы, аллювий террас и т.п.

Отсюда, оползшие или сползающие грунты характеризуются весьма разнородным гранулометрическим и вещественным составом.

С точки зрения литологии оползневые образования представляют собой малоинтересный объект, т.к. при оползневых подвижках не формируются новые породы.

Е.В.Шанцер (1966) характеризует оползневые образования как смещенные с места своего первоначального залегания и в той или иной степени деформированные коренные породы склона, сохранившие, однако, все характерные черты своего состава и мало изменившие свою структуру... Это скорее оползневые дислокации, чем оползневые отложения (с. 144).

§ 1. Физико-механические свойства

Из вышеизложенного ясно, что охарактеризовать оползневые образования с точки зрения их гранулометрического состава – задача невыполнимая. Можно только говорить о гранулометрическом составе конкретных грунтов, вовлеченных в смещение: глин, суглинков, супесей, различных аллювиальных и озерных отложений, вулканогенно-осадочных грунтов, раздробленных лав и т.п. Собственно, гранулометрический состав не столь интересен, сколько физико-механические свойства оползневых грунтов, т.к. именно они воздействуют на условия фильтрации, пластичность и, в целом, на активность оползневого процесса. Естественно, что наибольший интерес представляют глины и близкие им по свойствам грунты, которые сползают не только сами, но и являются поверхностью скольжения (водоупором) для вышележащих пород любого генезиса и состава. Например, глины и суглинки оползней Капанского участка характеризуются в целом следующими показателями (табл. 9).

Таблица 9.

Физико-механические свойства оползневых образований Капанского участка

Показатели свойств	Грунты	
	Глины	Суглинки
Объемный вес, кг/м ³	1,21 – 2,0	1,18 – 1,94
Естественная влажность, %	10,7 – 45,9	2,95 – 41,3
Коэффициент пористости	0,312 – 1,1	0,391 – 1,1

§ 2. Химический состав

Химический состав (табл. 10) оползневых образований показывает, что по содержанию SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO и K_2O они резко выделяются среди всех остальных типов рыхлообломочных отложений, а от других склоновых образований отличаются еще и содержанием TiO_2 и Al_2O_3 (Бойнагрян В., Бойнагрян Т., 1989). Соответственно отличаются и геохимические коэффициенты, которые показывают, что из оползневых образований вынесено больше легкорастворимых соединений, чем из других склоновых образований. Это и понятно, т.к. разрыхленные из-за выноса мелких частиц и разложения ряда минералов оползневые образования инфильтруют воду, которая при этом растворяет и выносит легкорастворимые соединения и обедняет ими эти образования (Бойнагрян В., Бойнагрян Т., 1984).

Содержание микроэлементов в оползневых образованиях не выявляет определенной закономерности. Геохимические коэффициенты оползневых образований подчеркивают своими низкими значениями (табл. 11) большее их гипергенное преобразование по сравнению с другими склоновыми образованиями. Это подтверждается и коэффициентом, характеризующим минеральный состав ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$). Последний чуть выше в оползневых образованиях, т.к. SiO_2 лучше сохраняется при преобразовании рыхлообломочных отложений (Лукашев, Астапова, 1971).

Таблица 10.

Химический состав рыхлых образований и коренных пород, % (средние величины)
(по: Бойнагрян В.Р., Бойнагрян Т.Г., 1989)

Генетический тип (число проб)	Si ₂ O	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	H ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
Кора выветривания (5)	53,74	0,39	19,74	12,44	0,75	0,05	2,38	2,14	4,41	0,04	-	0,75	3,17	100,00
Элювий (40)	47,53	0,80	16,23	6,91	0,81	0,16	9,45	2,55	3,69	0,09	8,61	1,09	2,09	100,01
Оползневой (10)	61,58	0,51	18,31	4,77	1,39	0,09	2,71	2,14	2,56	0,12	-	2,53	3,28	99,99
Делювий (20)	52,50	0,85	15,69	5,91	0,63	0,11	5,73	2,39	4,51	0,19	7,59	1,67	2,22	99,99
Дефлюкционный (35)	54,34	1,11	17,44	7,00	0,86	0,13	5,97	2,52	3,31	0,16	2,78	1,82	2,58	100,02
Солифлюкционный (10)	55,68	0,75	17,38	7,93	1,43	0,07	6,36	1,96	2,79	0,22	-	2,55	2,89	100,01
Озерно-запрудный верховий р. Агстев (30)	58,04	0,92	17,26	6,61	1,99	0,09	4,33	2,61	3,64	0,19	-	2,21	2,09	99,98
Озерно-запрудный среднего и нижнего течения р. Агстев(20)	47,88	0,71	12,74	6,30	0,84	0,07	11,80	3,17	2,91	0,22	9,78	1,56	2,01	99,99
Озерно-запрудный верховий р. Гетик (30)	58,45	0,51	17,58	6,75	1,27	0,09	5,02	2,04	3,84	0,52	-	1,82	2,11	100,00
Гранодиорит (5)	67,11	0,53	14,54	2,27	2,18	0,10	2,59	0,89	1,56	0,32	-	4,47	3,45	100,01
Порфирит (10)	60,42	0,72	16,60	2,68	2,55	0,08	6,69	2,65	0,32	0,20	-	3,84	3,23	99,98
Известняк (5)	64,83	0,01	2,15	4,23	0,78	0,06	23,76	1,32	0,12	0,22	-	1,25	1,25	99,98

Примечание: Силикатный анализ проведен в химической лаборатории ИГН АН РА, а коренных пород – в химической лаборатории ПО «Армгеология». Результаты пересчитаны без п.п.п.

Геохимические коэффициенты ряда рыхлых образований (средние величины)¹
(по: Бойнагрян В.Р., Бойнагрян Т.Г., 1989)

Генетический тип (число проб)	Кора выветри- вания (5)	Элювий (40)	Оползне- вой (10)	Делювий (20)	Дефлюк- ционный (35)	Солифлюк- ционный (10)	Озерно- запрудный верховий р. Агстев (30)	Озерно- запрудный среднего и нижнего течения р. Агстев (20)	Озерно- запрудный верховий р. Гетик (30)
Si_2O / Al_2O_3	2,72	2,93	3,36	3,35	3,12	3,20	3,36	3,76	3,32
CaO/MgO	1,11	3,71	1,26	2,39	2,37	3,24	1,66	3,72	2,46
K_2O/Na_2O	4,23	1,92	1,29	1,33	1,42	1,13	0,95	1,29	1,16
Fe_2O_3/FeO	16,59	8,53	3,43	9,38	8,14	5,55	3,32	7,50	5,31
Al_2O_3/TiO_2	50,62	20,29	35,88	18,46	15,71	23,17	18,76	17,94	34,47
Fe_2O_3/MgO	5,81	2,71	2,23	2,47	2,78	4,05	2,53	1,99	3,31
Al_2O_3 / K_2O	6,23	7,77	5,58	7,07	6,76	6,01	8,26	6,34	8,33
$(CaO+ Na_2O+ K_2O) / Al_2O_3$	0,32	0,78	0,46	0,61	0,59	0,68	0,50	1,21	0,51
$H_2O/(MgO+CaO+ Na_2O+ K_2O)$	0,52	0,24	0,24	0,36	0,26	0,20	0,32	0,16	0,35
Si_2O / Fe_2O_3	4,32	6,88	12,91	8,88	7,76	7,02	8,78	7,60	8,66
$Si_2O / (Al_2O_3+Fe_2O_3)$	1,67	2,05	2,66	2,43	2,22	2,20	2,43	2,51	2,40
$(K_2O+Na_2O)/ Al_2O_3$	0,199	0,196	0,316	0,248	0,252	0,313	0,249	0,280	0,224
$(CaO+MgO)/ Al_2O_3$	0,229	0,739	0,265	0,518	0,487	0,479	0,402	1,175	0,402
K_2O / Si_2O	0,059	0,044	0,053	0,042	0,047	0,052	0,036	0,042	0,036

¹ Составлена по данным таблицы 10

Многочисленные оползни разных размеров приурочены к толщам супесей, суглинков и глин, которые до последнего времени почти не были изучены в отношении их механического и вещественного составов, а также пространственного распространения.

Эти супеси, суглинки и глины – плотные, микропористые, светло-желтые и желтые, пылеватые и в основном без включений каменного материала, обычно бесструктурные, в сухом состоянии образуют столбчатые отдельности. Они залегают на разных формах рельефа, перекрывают аллювий высоких террас (средне- и верхнечетвертичного возраста), древние конусы выноса (того же возраста), коренные породы разного состава (известняки, мергели, порфириды и др.), прослеживаются высоко по склонам и по своему внешнему виду напоминают лессовидные суглинки. Нами они принимаются за озерно-запрудные отложения, переработанные процессами гипергенеза. Мощность их составляет, по данным бурения, 20-30м. Они широко распространены в бассейнах рр. Агстев, Ахум, Тавуш, Гетик, Куринской впадине и на других участках Армении и соседних государств (Грузии и Азербайджана) в пределах Армянского нагорья.

Эти отложения отличаются повышенной карбонатостью (в них встречаются новообразования в виде карбонатных стяжений диаметром от 2-3 до 10см), содержат раковины фораминифер, характерных для распространенных здесь известняков, а из современных видов в них встречаются моллюски *Naræopsis hohenackesi*. Последние распространены во всем Закавказье (Южном Кавказе) и характерны для аридных условий (Бойнагрян В., Бойнагрян Т., 1989).

Формирование описываемых отложений происходило, по-видимому, в средне- и верхнечетвертичное время, т.к. они перекрывают только высокие террасы и не встречаются на пойме и первой надпойменной террасе. Аналогичный возраст бесструктурной лессовидной толще мощностью 25-30м, распространенной в Куринской впадине, дает и М.А.Мусеибов (1964, 1964а).

Слоистость в этих отложениях в целом проявляется нечетко. Лишь у сс. Мартуни и Дпрабак (Чайкенд) в бассейне р. Гетик отмечается четкая горизонтальная слоистость, подчеркиваемая линзами и прослоями песков черного цвета (вулканический песок и пепел).

Относительно происхождения этих бесструктурных лессовидных отложений до сих пор нет единого мнения. А.Т.Асланян (1958) существенную роль в их образовании отводит золовому фактору. Золовыми считают их и А.А.Казанчян с соавторами (1984). А.В.Кожевников (1972, 1985; Кожевников, Бабаев, 1975) принимает их за делювиальные отложения перигляциального периода. Их формирование он объясняет завершением аккумуляции конусов выноса и считает, что они представляют собой фацию разливов относительно спокойных вод, стекавших по пологой поверхности конусов.

На наш взгляд, эти отложения сформировались в мелководных полузамкнутых лагунах озерного бассейна, существовавшего здесь в нижне- и верхнечетвертичное время. Известно (Страхов, 1960), что в малых водоемах отмечается смещение тонкозернистых осадков на все меньшие глубины. Поэтому, например, если в океанах алевриты накапливаются на глубинах 100м и более, то уже в Аральском море их отложение начинается с глубины 5м, а в малых озерах илы могут накапливаться даже с глубины 0,5-1,5м.

Нами неоднократно отмечалось накопление илов и глин в углублениях котлованов, перед насыпями, в понижениях между холмами или свалкой грунта. Глубина таких мелководных запруд обычно не превышает 0,2-0,5м, однако здесь идет накопление тонкозернистых осадков.

После осушения озерного бассейна накопившиеся в них описываемые нами супеси, суглинки и глины оказались в аридных условиях и в результате карбонатизации

несколько изменили свою текстуру, превратившись в микропористую бесструктурную толщу, которая легко могла перевеваться ветром. Лишь местами, где накопились песчаные отложения и черный вулканический пепел, сохранилась озерная слоистость.

Некоторую дополнительную информацию об этих лессовидных отложениях дает изучение их химического состава.

По таблице 10 видно, что наиболее близкие значения содержаний химических компонентов наблюдаются в озерно-запрудных отложениях верховий р. Агстев и ее притока р. Гетик, что свидетельствует о сходных условиях их образования. Относительно резко отличаются от них лессовидные суглинки среднего и нижнего течений р. Агстев, распространенные ниже Иджевана, а также в бассейнах рр. Ахум, Тавуш и в Куринской впадине. В последних выделяется значительное количество карбонатов (CaCO_3) и MgO , однако SiO_2 и Al_2O_3 содержатся меньше. Отличие отмечается и по комплексным геохимическим коэффициентам.

Первые, значительно переработанные гипергенными процессами, выделяются высоким содержанием в них элементов группы железа (F) и рассеянных породообразующих элементов (T) – табл. 12.

Таблица 12.

Средние величины комплексных геохимических коэффициентов ряда рыхлых образований бассейна р. Агстев, $10^{-3}\%$ (по: Бойнагрян В.Р., Бойнагрян Т.Г., 1989)

Генетический тип (число проб)	F	T	R	S	M
Кора выветривания (5)	25.10	16.79	43.88	9.57	16.08
Элювий (60)	16.95	36.55	26.26	2.39	11.48
Оползневой (10)	21.97	33.53	33.59	3.12	11.71
Делювиально-дефлюкционный (80)	32.46	45.01	24.94	5.57	15.29
Солифлюкционный (10)	22.43	52.24	27.13	1.93	20.06
Озерно-запрудный верховий р. Агстев (30)	26.27	36.28	32.01	5.78	17.43
Озерно-запрудный. Дилижанская котловина (20)	48.90	78.39	25.05	5.90	13.56
Озерно-запрудный, среднее и нижнее течение р. Агстев (30)	49.40	116.88	23.84	3.79	13.12
Озерно-запрудный верховий р. Гетик (30)	25.64	46.51	25.69	8.32	11.24

В целом отличаются и геохимические коэффициенты, однако они не дают четкой интерпретации о степени их гипергенного преобразования. Здесь, по-видимому, сказывается их высокая карбонатность, которая “подавляет” собой все остальные отношения химических компонентов. Однако видно, что они, если и сформировались в сходных условиях, то затем претерпели значительные преобразования, связанные, по-видимому, с их распространением в более засушливой части бассейнов рр. Агстев, Ахум и Тавуш, что повлекло за собой их карбонатизацию и нарушение первоначальной естественной текстуры (Бойнагрян В., Бойнагрян Т., 1989). Этот вывод подтверждается и значительной концентрацией в них стронция, который является хорошим показателем аридности климата (Добровольский, 1983).

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОПОЛЗНЕЙ НА ТРАНСПОРТНЫЕ КОММУНИКАЦИИ, НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ, ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И ПРИЧИНЯЕМЫЙ ИМИ УЩЕРБ

§1. Пораженность областей республики оползнями

Оползни представляют собой грозное природное явление, которое местами охватывает огромные территории, существенно изменяя рельеф и воздействуя на устойчивость сооружений, дорог, зданий, различных трубопроводов, на сохранность сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов. Нередко оползни являются причиной крупных катастроф с человеческими жертвами и большим материальным ущербом. Одновременно оползни оказывают существенное воздействие на изменение природных условий в местах их распространения и на развитие других геологических процессов, с которыми они генетически связаны (нарушают поверхностный сток атмосферных осадков; способствуют дренированию подземных вод, вскрывая водоносные горизонты; изменяют режим подземных вод и т.п.).

Оползнями в Армении охвачена площадь в 34679га, из них наибольшая пораженность этим опасным процессом приходится на Вайоц Дзор (11816га), Арарат (8334га) и Тавуш (5459га) – табл. 13.

Таблица 13.

Распространение оползней разных размеров по областям республики
(Снижение уязвимости ..., 2003)

Область	Площадь, занятая оползнями, га												Итого	
	Громадные S – более 400		Очень крупные S – 200 - 400		Крупные S = 100-200		Средние S – 50 -100		Мелкие S = 5 - 50		Очень мелкие S – менее 5			
	а ¹	п/а ²	а	п/а	а	п/а	а	п/а	а	п/а	а	п/а	а	п/а
Арагацотн	-	400	-	-	-	-	-	-	16	165	2	29	18	594
Арарат	2620	-	1755	570	1620	500	1675	430	617	2885	47	375	8334	4760
Армавир	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	-	150	-
Гегаркуник	800	420	1070	300	110	-	-	220	259	1035	56	373	2295	2348
Лори	-	-	-	-	-	-	480	302	120	441	147	383	747	1126
Котайк	-	1180	-	590	-	534	-	85	307	1426	50	175	357	3990
Ширак	-	-	400	370	345	-	1010	50	25	181	620	29	2400	630
Сюник	-	-	-	-	520	181	982	348	354	1412	27	549	1913	2490
Вайоц Дзор	3920	1200	2885	540	1710	1620	2077	800	825	4816	399	999	11816	9975
Тавуш	3000	480	1420	840	3181	-	350	70	273	2395	98	640	5459	4425
Ереван	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1190	-
Итого	10340	3680	7530	3210	4623	2835	6574	2305	2826	14756	1596	3552	34679	30308

1 – а – активные оползни

2 – п/а – неактивные оползни

Такое распространение оползней связано в первую очередь с геологическим строением областей, наличием глинистых или оглиненных пород, лессовидных суглинков, зон дробления и гидротермального изменения пород, разрывных нарушений и т.п. Именно наличие этих условий в Вайоц Дзоре, Арарате и Тавуше предопределили

их большую пораженность оползнями по сравнению с остальными областями республики.

§2. Оползни, воздействующие на автомобильные и железные дороги

Согласно исследованиям японцев совместно с сотрудниками “Геориска”, в Армении из общей длины железнодорожных путей в 865,2км оползнями охвачены лишь 4,8км (0,5%), где имеется 10 оползней. Больше оползней (280шт) развито вдоль автомобильных дорог – из 7328км на оползневые участки приходится 236км, или 3,2% (Исследов. управл. ... , 2006).

По данным Спасательной службы РА Министерства по чрезвычайным ситуациям РА (Снижение уязвимости ... , 2003), из общей протяженности трасс транспортных коммуникаций и длины участков, подверженных различным опасным геологическим процессам (в первую очередь, оползням), в 7788км на пораженные участки приходится 1447км. По областям (марзам) республики картина выглядит следующим образом (табл. 14).

Таблица 14.

Протяженность трасс транспортных коммуникаций и участков, подверженных воздействию опасных геологических процессов (в основном оползневых)

N п/п	Наименование области	Протяженность трасс транспортных коммуникаций, км							
		В целом по области		В том числе по отдельным категориям					
		Общая	Поражен- ных участков	Социально- экономические		Стратегические		Местные	
				Общая	Поражен-ных участков	Общая	Поражен-ных участков	Общая	Поражен-ных участков
1	Арагацотн	670	94	196	-	-	-	474	94
2	Арарат	373	56	133	16	-	-	240	40
3	Армавир	403	61	60	5	-	-	343	60
4	Вайоцзор	583	131	84	32	-	-	499	99
5	Гегаркуник	731	75	28	-	287	44	416	69
6	Котайк	442	75	38	2	-	-	404	73
7	Лори	1236	246	237	56	-	-	999	790
8	Тавуш	785	178	98	51	265	44	422	82
9	Сюник	1638	373	207	61	325	92	1106	220
10	Ширак	927	158	158	44	75	13	694	102
Итого		7788	1447	1239	267	952	193	5597	1029

Выше (глава IV) рассматривались известные оползни, оказавшие воздействие на транспортные коммуникации республики:

- Одзунский оползень, выведший на длительное время соответствующий участок железной дороги Ереван – Тбилиси (рис. 73).

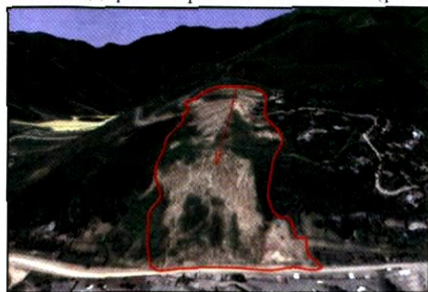


Рис. 73. Оползневой участок “Одзун”
(фото Д.Г.Аракелянца)

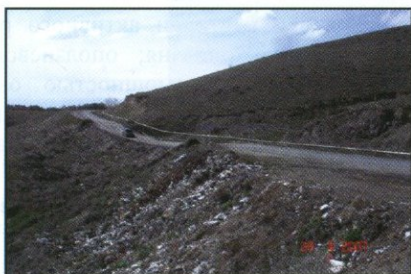
- Агарцинский оползень, разрушивший часть трассы железной дороги и новой шоссейной дороги в обход с.Агарцин (рис. 74).



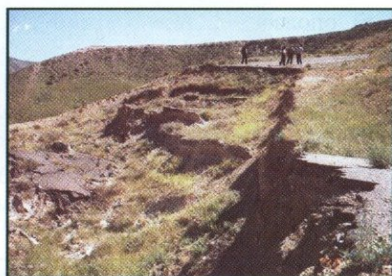
Рис. 74 . Оползневой участок “Агарцин” – разрушенный участок железнодорожного полотна (фото Д.Г.Аракеляна, 2005)

• оползни громадных размеров у сс.Артаван, Сараван и Угедзор в районе Воротанского (Кочбекского) перевала постоянно деформируют полотно автомобильной дороги, имеющей важное стратегическое значение для связи Еревана с югом республики;

- Вохчабердский оползень на протяжении многих лет разрушает фактически единственную автомобильную дорогу, связывающую Ереван с объектами туризма в Гарни и Гегарде; следует отметить, что и дорога, ведущая в Гарни из Араратского района, также подвержена оползневым процессам и на отдельных участках полностью выведена из строя (рис. 75).



а



б

Рис. 75. а – постоянно деформируемое полотно автодороги у с.Вохчаберд и б – разрушенный участок автодороги Арташат – Гарни в 7км от села (разрушение дороги произошло в апреле 2006г.) – фото В.Р.Бойнагряна, 2007г.

- Овкский оползень, периодически активизирующийся и повреждающий автомобильную дорогу (рис. 20 и 76).



Рис. 76. Участок автомагистрали М-4 Ереван-Иджеван на 117-ом километре после проведения восстановительных работ (фото Д.Г.Аракеляна)

Менее крупные оползни, угрожающие автомобильным дорогам и периодически повреждающие их, известны на:

- автодороге Гюлагарак – Куртан – с.Дзорагет (серпантинный участок в 18км от с.Куртан); здесь оползневыми подвижками охвачен крутой склон левобережья р.Дебед между порталом автодорожного тоннеля и автодорожного моста через реку (рядом с ДзораГЭС); оползень угрожает автодороге, мосту и перекрытию русла реки;
- правой стороне автодороги Ташир – госграница в 3,5км к юго-западу от с.Гогаван (Демурчилар) – рис. 77;

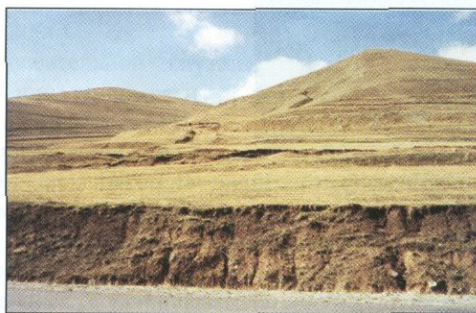


Рис. 77. Панорама оползня у с.Гогаван на трассе автодороги Ташир – госграница (Снижение уязвимости ..., 2003)

данный оползень циркообразной формы находится в стадии активного развития и является первой ступенью многоярусного древнего оползня; оползневой участок охватывает около 400м автодороги, смещение оползня мощностью около 5-6м происходит в глинистых грунтах; оползень деформировал участок дороги длиной 180-200м (разрушено асфальтовое покрытие, имеются трещины в полотне и на парапете ливнесбросного моста через автодорогу);

- автодороге Вардахпюр – Ташир у сельского кладбища на северо-восточной окраине с.Мусаелян (рис. 78);

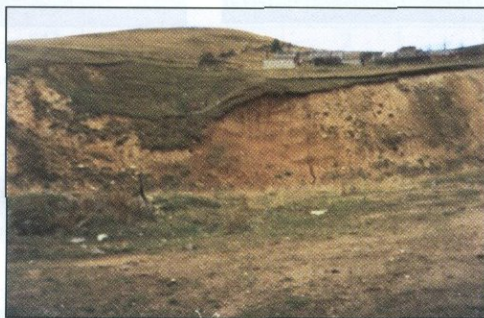


Рис. 78. Оползень на трассе автодороги Вардахпюр – Ташир у кладбища с.Мусаелян (Снижение уязвимости ..., 2003)

этот активный оползень циркообразной формы длиной около 200м охватывает автодорогу на протяжении 350м и всю территорию сельского кладбища; ползут глинистые и крупнообломочные грунты общей мощностью до 12м;

- левой стороне автодороги Гюлагарак-Степанаван, в 2 – 2,3км к юго-востоку от с.Парни (Киров); автодорога на протяжении около 200м деформирована, на теле оползня есть свежие трещины; в смещение вовлечены частично водонасыщенные склоновые рыхлообломочные грунты;

- левой стороне автодороги Вардахпюр – Ташир, в 4 – 4,5км к юго-западу от с.Благодарное, по левому берегу р.Пахгет; это – активный оползень длиной 180м при ширине до 600м, на теле оползня имеется несколько оползней второго порядка со свежими трещинами шириной до 10-15см; языковая часть оползня деформирует автодорогу и охватывает частично склон справа от дороги;

- у с.Гегануш (Капанский марз) и в самом Капане по ул.Арутюняна, а также по автодороге Капан – Вачаган – Бех.

Оползни угрожают автодорогам также в Тавушской области (участки Берд-Мосесгех и Иджеван - Айгедзор), в окрестностях Еревана на трассе Абовян – Масис, у Джрвежа и др.

Оползни периодически повреждают автодорогу на участке между сс. Артаваз – Анкаван, угрожая полным ее уничтожением (рис. 79).



Рис.79. Разрушенное полотно автодороги выше с.Артаваз (фото В.Р.Бойнагряна)

В последние 2-3 года оползни неоднократно повреждали автомобильные дороги в разных районах республики:

- 2005г. – были повреждены: автодорога республиканского значения на участке Ехегиадзор – Гладзор – Вериашен (март месяц); автодорога у с.Арапи, связывающая Гюмри с тремя приграничными селами – покрытие дороги местами опустилось на 0,7 – 0,8м (апрель месяц);

- 2006г. - были повреждены: дорога, ведущая в с.Дзорагюх (Лори), стала непроходимой (май месяц); автодорога в Дилижане была перекрыта оползнем (май месяц);

- 2007г. – 4 июня оползень перекрыл автодорогу Урцадзор-Кармрашен (Арагат); 21 апреля со склона г.Маймех сошел оползень, который перекрыл автодорогу на участке протяженностью 20-30м и повредил 200м водопровода;

- 2008г. - 5 мая была повреждена автодорога на участке Айгеовит – Паравакар (Тавуш); 8 июля оползень повредил участок автодороги Горис – Капан и до ее расчистки движение было односторонним; в этот же день была повреждена проезжая часть 2ой улицы Железнодорожников в Капане.

Оползни угрожают многим дорогам республики (табл. 15).

Таблица 15.

Участки транспортных коммуникаций, испытывающих воздействие оползней
(Снижение уязвимости ..., 2003)

Наименование транспортных коммуникаций	Вид дорог	Общая протяженность дороги и пораженных оползнями участков, км	Оползни	
			Количество	км/га
I. Стратегического значения				
1. Иджеван – Носемберян - Айрум	авто-дорога	76/17,5	6	15/2,5
2. Иджеван – Вазашен – Паравакар - Берд	" _ "	75/5,8	10	28/79,9
3. Иджеван – Ганзасар – Берд – госуд. граница	" _ "	67/13,9	9	10,9/110,3
4. Берд – Навур – Чамбарак – госуд. шоссе	" _ "	84/3	34	4,7/370,9
5. Севан-Шоржа-Сотк-Варденис-Мартуни-Севан	авто- и желез. дорога	250/3,8	5	5,0/260
6. Гюмри – Амасия – Тапокей – госуд. граница	авто-дорога	75/12,9	10	1,4/30
7. Сисиан – Дастакерт - госуд. граница	" _ "	40/14	3	14,3/3,5
8. Горис – Тех – Степанакерт	" _ "	135/41	10	31,5/45
9. Горис – Татев – Цахкаовит – Капан	" _ "	25,4/7,5	8	1,5/31,5
10. Капан – Цав – Шванидзор – Мегри	" _ "	75/11,1	15	-
Итого		902,4/130,5	110	112,3/933,6
II. Социально-экономического значения				
1. Ереван – Ерасх – Капан – Мегри	" _ "	394/108,6	55	265,7/?
2. Ереван – Аштарак – Гюри – Ашоцк - госуд. граница	" _ "	180/35,2	2	3/?
3. Ереван – Масис – Армавир – Гюмри – Спитак – Ванадзор	" _ "	215/15,9	11	191,8/?
4. Ереван – Спитак – Ванадзор – Алаверди - госуд. граница	авто- и желез. дорога	219/30,3	21	?
5. Ереван – Севан – Дилижан – Иджеван - госуд. граница	" _ "	165/53,6	22	?
6. Ванадзор – Степанаван – Ташир - госуд. граница	авто-дорога	66/23,6	8	2,8
Итого		1239/267,2	119	463,3/?

Пораженность транспортных коммуникаций местного значения опасными природными процессами, из которых значительная доля приходится на оползни, распределяется по областям республики следующим образом (табл. 16).

Таблица 16.

Пораженность дорог местного значения опасными процессами и стоимость защитных мероприятий (Снижение уязвимости ..., 2003)

N п/п	Наименование области	Транспортные коммуникации местного значения		
		Протяженность, км		Стоимость защитных мероприятий, млн. дол. США
		Общая	Участков поражения ОПП	
1	Арагацотн	474	94,0	2,35
2	Арагат	240	40,0	1,0
3	Армавир	343	60,0	1,5
4	Вайоцзор	499	99,0	2,48
5	Гехаркуник	416	69,1	1,73
6	Котайк	404	73,0	1,83
7	Лори	999	190,0	4,75
8	Тавуш	422	82,0	2,05
9	Сюник	1106	220,0	5,50
10	Ширак	694	101,9	2,55
	Итого	5597	1029,0	25,74

§3. Оползни воздействующие на населенные пункты и инженерные сооружения

Из населенных пунктов, подверженных оползневым процессам, необходимо отметить Дилижан, Капан, Вохчаберд и Агарци, которые сильно страдают от оползневых подвижек. Разрушаются жилые дома, производственные и общественные здания, улицы, приходят в негодность приусадебные участки, в Агарцине многие дома затопляются при перекрытии русла р.Агтев сползающими массами рыхлообломочного материала (рис. 11, 42 в, г, д, 80).



Рис.80. Последствия оползневых подвижек в Дилижане (фото А.Пилюяна)

г.Канан и прилегающих территорий (а) и космический снимок этого же участка (б)

От оползневых подвижек сильно страдают улица Арутюнян с его зданиями и участок “Вокзальный” (рис. 82).



Рис. 82. Оползневые массы деформировали жилое здание по улице Арутюнян в г.Канан (фото Д.Г.Аракеяна)

В последние несколько лет оползневые смещения все чаще стали причиной разрушения жилых и подсобных зданий в населенных пунктах:

- 2002г. – в Гтуджуре (Гегаркуник) оползень повредил 10 домов, в Агаракадзоре (Вайоц Дзор) – 2 дома;
- 2006г. – в Урцадзоре (Арарат) поврежден жилой дом; в Джрашене (Лори) оползневые массы завалили первый этаж 2х-этажного дома, повредили стены; в Арджисе (Тавуш) оползневые подвижки, произошедшие 10 июля, представляют угрозу сельской школе и 15 жилым домам;
- 2008г. – в Дирабаке (Гегаркуник) 22 июня под воздействием оползня обрушился двухэтажный дом площадью 80м²; в Саритахе (Ереван) смещение оползня в ноябре сильно повредило несколько домов, в которых стало невозможно жить.

Оползни местами угрожают и инженерным сооружениям. Так, мощная 60-метровая толща склоновых образований стала смещаться по наклонной поверхности коренных пород у головного сооружения Дзорагетской ГЭС, в результате чего деформировался флютбет плотины. При строительстве ДзорагЭС (1932г.) головной узел был возведен на медленном скальном оползне, однако уже в 1947г. потребовались срочные меры для защиты узла.

В ноябре 1974г. из-за оползневых подвижек осела плотина Мармарикского водохранилища на 2-3м в центре и до 17м – с боков. Причиной разрушения стало сильное переувлажнение (в 3 раза более допустимой нормы) глин тела плотины в результате превышения нормы осадков в несколько раз и из-за разгрузки родника с правого борта непосредственно в тело плотины.

§4. Оползневые участки, находящие в наиболее критическом состоянии

На сегодняшний день в республике имеется 131 оползневых участка с наиболее высоким уровнем опасности и риска, в пределах которых необходимы безотлагательные меры по защите домов, транспортных коммуникаций и сельскохозяйственных угодий (табл. 18).

Таблица 18.

Оползневые участки с наиболее высоким уровнем опасности и риска, нуждающиеся в первоочередных противооползневых мероприятиях

№ п/п	Название оползневого участка	Объект, нуждающийся в защите	Стоимость противооползневых мероприятий, млн. драм
1	2	3	4
<u>Город Ереван</u>			
1	Нубарашенское кладбище	Территория кладбища, обходная автодорога	50,0
2	Сари Тах, Улицы № 20, 26 и 27	Дома, дороги	30,0
3	Психиатрическая больница	Здание больницы, коммуникации	?
4	Обходная дорога М - 15	Дорога	?
<u>Арагат</u>			
1	Дорога Н - 10 на участке между сс.Ланджар - Лусашох	Дорога, электрическая и телефонная линии	?
2	Ланджар	Дома, школа, общественное здание, телефонная линия	?
3	Урцаландж	Дома, школа, дорога, электрическая и телефонная линии, водопровод	35,0
4	Харберд	Дома, дорога, электрическая линия	40,0
5	Барцрашен	Дома, водопровод	35,0
<u>Гегаркуник</u>			
1	Айгуг	Дома, школа, общественное здание, дорога, мост, водопровод, телефонная линия	40,0
2	Дпрак	Дома, школа, дорога, мост, водопровод, электрическая линия	45,0
3	Зораванк	Дома, школа, общественное здание, дорога, мост, водопровод	40,0
4	Мартуни	Дома, школа, общественное здание, дорога, телефонная линия	43,0
5	Калаван	Дома, школа, общественное здание, дорога, водопровод	30,0
6	Тгуджур	Дома, дорога	35,0
7	Гетик	Дома, дорога	30,0
8	Еранос	Дома, дорога	?
9	Авадан	Дома, дорога	45,0
10	Джаханадзор	Дома, школа, водопровод	?
<u>Лори</u>			
1	Оползневой участок железной дороги Ереван - Тбилиси и автодороги у с.Одзун	Автодорога и железная дорога	4,0

2	Кагакут	Дома, дорога, мост, телефонная линия	50,0
3	Санаин	Дома, школа, дорога, водопровод	?
4	Акори	Дома, дорога	35,0
5	Три оползневых участка Ванадзора (стадион ул. Энгельса, химический комбинат)	Дома, общественное здание, дорога	45,0
6	Ваанги	Дома, дорога	30,0
7	Шаумян	Дома, дорога, водопровод	25,0
8	Ехегнут	Дома, дорога	35,0
<u>Котайк</u>			
1	Анкаван	Дома, дорога	?
2	Мармарик	Водохранилище	?
3	Аргел	Дома, дорога	35,0
4	Вохчаберд	Дома, дорога	51,0
5	Ацаван	Дома, общественное здание, дорога	40,0
6	Гехадир	Дома, дорога	?
7	Гохт	Дорога	?
8	Арзни	Дорога	
9	Канакераван	Дома, дорога, водопровод	
10	Джрвеж	Кладбище	
11	Гарни	Дома, дорога	
<u>Ширак</u>			
1	Джаджур	Дорога, электрическая линия	30,0
2	Арапи	Дома, школа, общественное здание, дорога, мост	25,0
<u>Сюник</u>			
1	Тасик	Дома, школа, общественное здание, дорога, водопровод	35,0
2	Мурхуз	Дома, дорога	?
3	Ангехако́т	Дома, дорога	35,0
4	Шахат	Дома, церковь	?
5	Бардзраван	Дома, дорога	30,0
6	Ацаван	Дорога	?
7	Салавард	Дома, дорога	30,0
8	Караундж	Дома, общественное здание, церковь, дорога, мост, газопровод, водопровод, электрическая и телефонная линии	35,0
9	Дастакерт	Дома, дорога	
10	Ишханасар	Дома, школа, общественное здание	
11	Воротан	Дома, школа, общественное здание, дорога, мост, водопровод, гидрологическая станция, электрическая и телефонная линии	25,0
12	Срашен	Дома, школа, дорога	20,0
13	Ахлатян	Дома, дорога	?
14	Ужанис	Дома, дорога	30,0
15	Карджеван	Дома, дорога	35,0

Вахатин	Дома, школа, общественное здание, дорога, мост, водопровод, электрическая и телефонная линии	30,0
Джакатен	Общественное здание, дорога,	25,0
2-ой км дороги Капан - Норашеник	Дорога, водопровод, электрическая и телефонная линии	
Личк	Дома, дорога	25,0
Вачаган	Дома, дорога, электрическая и телефонная линии	
Капан - Барабатум	Дома, школа, дорога	30,0
Аджибадж	Дома, дорога	
Кард	Дорога	
Ташгун	Дома, школа, дорога, мост	35,0
Каджаран	Дорога, газопровод	30,0
Каварт		?
Агарак		?
Егвард		?
Капан, ул. А.Арутюняна		55,0
Капан, квартал Арпик		35,0
Капан, квартал Гегануш		30,0
Капан, школа N10 ул. Шинарарнери		30,0
Капан, квартал Андраникашен		?
Капан, Багабурдж		15,0
	<u>Вайоц Дзор</u>	
Хачик	Дома, дорога, водопроводная и оросительная сети	35,0
Гнищик	Дома, дорога, водопровод	35,0
Азатек	Дома, дорога	
Бардзруни	Дома, водохранилище	30,0
Мартирос	Дома, общественное здание, мост	40,0
Капуйт	Дома, дорога, мост	30,0
Артаван	Дома, дорога, мост, водопровод питьевой и оросительной сети	?
Заритап	Дома, дорога, мост, водопровод питьевой воды	?
Гошк	Дома, дорога, сеть питьевой и оросительной воды	35,0
Ахта	Дома, дорога	
Чива	Дома, дорога, сеть питьевой и оросительной воды	50,0
Агаракадзор	Дома, общественное здание, дорога	?
Ринд	Дома, дорога, сеть питьевой и оросительной воды	35,0

14	Вернашен	Дома, дорога, водопровод питьевой воды	30,0
15	Гетап	Дома, школа, дорога, сеть питьевой и оросительной воды	35,0
16	Горс	Дома, школа, дорога, общественное здание	?
17	Орбатех	Дома, дорога	?
18	Гохтаник	Дома, дорога, сеть питьевой и оросительной воды	30,0
19	Сараван	Дома, дорога	?
20	Угедзор-Кочбек	Дома, дорога, система воды	?
Тавуш			
1	Беркабер	Дома, школа, общественное и производственное здания	30,0
2	Баганис	Дома, школа, общественное здание, дорога, мост, электрическая линия	35,0
3	Техут	Дома, школа, общественное и производственное здания	35,0
4	Хачардзан	Дома, школа, общественное здание, мост, дорога	30,0
5	Дилижан: Мец Талы и 1 и 2 кварталы центр города	Дома, больница, школа, общественное и производственное здания, дорога, мост, электрическая линия	50,0
6	Дилижан: 3-4 кварталы Тахты и Восточный массив	Дома, больница, школа, общественные здания, дорога, мост, электрическая линия	55,0
7	Мосесгех	Дома, дорога, газо- и водопровод, оросительная сеть	30,0
8	Барекамаван	Дома, школа, дорога	35,0
9	Берд	Дома, школа, больница	50,0
10	Лусадзор	Дома, школа, общественные здания, дорога	30,0
11	Акнахбюр	Дома, школа, общественные здания, дорога, мост, газо- и водопроводов	30,0
12	Айгедзор	Дома, школа, производственные и общественные здания, дорога	35,0
13	Дитаван	Дома, школа, общественное здание, сеть питьевой и оросительной воды	30,0
14	Ноемберян, 1-2 кварталы	Дома, дорога	60,0
15	Лчкадзор	Дома, школа, общественные здания	30,0
16	Севкар	Дома, школа, производственные и общественные здания, дорога, мост	35,0
17	69й км железной дороги Иджеван-Раздан	Дома, школа, дорога, река	90,0
18	оз.Парз		?
19	Ачаджур	Дома, школа, общественное здание, сеть питьевой и оросительной воды	50,0
20	Гетаовит	Дома, школа, общественное здание, дорога, сеть питьевой и оросительной воды	40,0

21	Хашгарак	Дома, школа, общественное здание, дорога, электрическая и телефонная линии, газо- и водопровод, церковь	40,0
22	Маркараван-	Сооружения, дорога	35,0
23	Гош	Дома, школа, общественные здания, дорога	38,0
24	Еюкаван	Дома, дорога	30,0
25	Гавдзакар	Дома, школа, общественные здания, оросительная сеть	40,0
26	Айгеовит	Дома, школа, общественные здания, церковь	35,0
27	Арцваберд	Дома, дорога, водопровод	30,0
28	Навур	Дома, школа, дорога, производственные и общественные здания	30,0
29	Вазашен	Дома, школа, дорога, производственные и общественные здания	35,0
30	Нижний Цахкаван	Дома, дорога	45,0
31	Арджис	Дома, дорога	35,0
32	Довех	Дома, дорога	40,0
33	117км дороги М-4 у с.Овк	Дорога	40,0

§5. Ущерб от оползней

Оползни причиняют существенный ущерб транспортным коммуникациям, инженерным сооружениям и населенным пунктам. Ввиду частоты их встречаемости суммарный ущерб от оползней значительно превышает убытков от одиночных губительных природных процессов.

Ущерб от оползней в Армении составляют от 10 до 30 млн. долларов в год (Агаларян и др., 2000).

Для проведения противооползневых работ в пределах вышеуказанных 131 оползневого участка требуется 3116 млн. драмов, которые распределяются по областям республики следующим образом: Ереван – 80 млн. драмов, Арарат – 110 (здесь и далее – млн. драмов), Гегаркуник – 268, Лори – 224, Котайк – 126, Ширак – 55, Сюник – 615, Вайоц Дзор – 385 и Тавуш – 1253.

Как видим, требуются колоссальные средства, чтобы остановить смещение менее 4% из имеющихся в республике оползней и защитить наиболее важные объекты. Естественно, что остальные оползни остаются потенциально опасными и территории их распространения имеют достаточно высокий уровень риска освоения под разное строительство или для сельскохозяйственных нужд. Любое неправильное действие (нагрузки, сотрясения, переувлажнение и т.п.) может нарушить временную устойчивость территорий и вызвать активизацию имеющихся стабилизированных оползней.

Глава седьмая

ОПОЛЗНЕВАЯ ОПАСНОСТЬ И ОЦЕНКА РИСКА В АРМЕНИИ

Оценка степени опасности для населения и территорий от оползневых процессов, а также выработка превентивных мероприятий по снижению возможных ущербов базируются на своевременном определении величин, характеризующих степень опасности. Методологически оползневая опасность определяется как вероятность возникновения в определенный период времени и в пределах данной территории оползневого процесса, потенциально наносящего ущерб территориям и населению. Располагая информацией о степени оползневой опасности, природе и факторах их возникновения, возможно оценить риски, повышающие уязвимость территорий и их влияние на безопасность населения.

Большинство специалистов по природным опасностям Армении определяет понятие риска как «вероятностные потери», которые могут быть установлены путем умножения вероятности (частоты) негативного оползнепроявления на величину возможного ущерба от него (Джрбашян и др., 1998; Караханян и др., 2000; Степанян и др., 2001; Тер-Степанян, 1996).

Такая форма выражения результатов оценки риска представляется весьма эффективной, так как позволяет, во-первых, совмещать в одном показателе разнородные данные об источнике и объекте опасности, а во-вторых, получить интегральные оценки риска от неограниченного числа негативных процессов любого генезиса. Таким образом, можно говорить о трех основных формах выражения результатов оценки оползневого риска: вероятностной, стоимостной (ущерб) и комбинированной, объединяющей ущерб и вероятность. Аналогичный подход к оценке опасностей и рисков заложен и в научной Программе (2005-2010гг.) организацией стран СНГ по предотвращению ЧС природно-техногенного характера, в реализации которой Армения принимает активное участие (Межгосударственная программа..., 2006).

В основу оценки оползневой опасности и комплексного риска заложена типологическая модель природно-технической системы (ПТС), с позиции которой понятия «опасность» и «риск» являются самостоятельными объектами исследования. Они отражают разнообразие связей и взаимоотношений между природой, техникой и обществом, а также внутри этих систем выделяются составляющие, которые могут быть как источниками, так и объектами – реципиентами разрушающих воздействий и эффектов (потерь) природного, техногенного и социального происхождения.

Возникновение возможного оползнепроявления, как и любого другого природного экзогенного геологического процесса, возможно только в случае поражения определенного природного или технического объекта, обусловленных различными показателями и факторами, что собственно и отражает общее категорийное понятие «риск» (Степанян и др., 2008).

Заслуживает внимания схема (рис.84) формирования риска от природных опасностей, согласно которой А.Л. Рогозиным выделяются 9 основных групп природных опасностей и рисков, различающихся по происхождению, среди них одно из ведущих мест занимает оползневой риск (Рогозин и др., 1997).

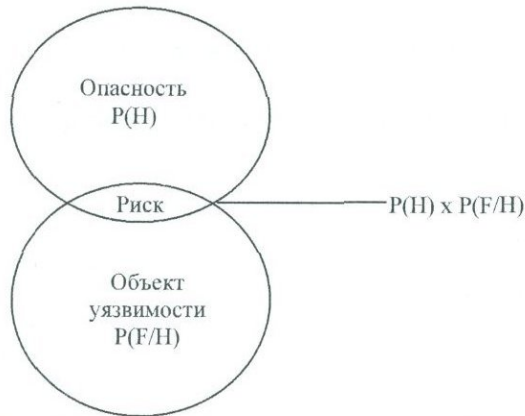


Рис.84. Схема формирования риска от внешней опасности (Рогозин и др., 1997):

$P(H)$ – вероятность образования опасности H определенной интенсивности и длительности воздействия во времени; $P(F/H)$ – уязвимость объекта воздействию опасности H ; $P(H) \times P(F/H)$ – риск определенных потерь объекта за определенное время, обусловленное опасностью H

Подытоживая обоснование рассматриваемого раздела работы, следует привести обобщающее понятие оценки параметрического ряда оползневых опасностей и риска, используемых в Армении (Джрбашян и др., 1998; Караханян и др., 2000).

Под опасными оползневыми процессами подразумевается совокупность экзогенных гравитационных склоновых явлений (оползни, обвалы, осыпи, камнепады) и ряд эндогенных факторов, создающих предпосылки для их возникновения и активизации – активная тектоника, сейсмичность, гидродинамика, гидрогеодинамика и др.

Системный, комплексный подход к изучению оползневых процессов, основанный на анализе причинно-следственных связей, позволяет установить корреляцию и синергетическое взаимоотношение между экзогенными процессами и эндогенными факторами их происхождения и активизации. Тем самым, обеспечивается основа для достоверной оценки опасностей и риска оползнепроявления и разработки превентивных мероприятий для стабилизации опасного процесса.

Особо следует рассмотреть фактор техногенной деятельности человека на техно-природную оценку опасностей и риска, приводящей к возникновению негативных процессов там, где их развитие было практически исключено. Характерным примером может служить подрезка склонов при сооружении автодорожного или железнодорожного полотна, что зачастую приводит к нарушению устойчивости склонов, а также к перераспределению гидродинамического равновесия, запруживанию русел рек оползневыми массами, подтоплению территорий.

В связи с этим оценка оползневой опасности должна осуществляться на основе комплексного подхода к выявлению и изучению всех факторов (экзогенных, эндогенных и техногенных) активизации оползневых процессов, их структурно-динамических и пространственно-временных связей.

Под оценкой опасности понимается определение абсолютного уровня (природные факторы) воздействия опасных оползневых процессов на окружающую среду (природный потенциал активизации оползней) в текущий момент времени, без учета нахождения в зоне поражения оползневыми процессами инфраструктур городских и сельских населенных пунктов, объектов хозяйств, промышленности, коммуникаций и др.; оценка уровней опасности производится на детерминистической основе.

Под оценкой риска понимается определение относительного уровня (природный и антропогенный факторы) воздействия опасных оползневых процессов на ПТС. Оценка

опасностей при этом проводится с учетом реального риска нахождения в зонах поражения от опасных экзогенных склоновых процессов:

– населенных пунктов (учитывается численность и плотность населения – риск поражения);

– промышленных объектов (с учетом расположения хозяйственных объектов, в том числе вредных, химических и пожароопасных производств, т.е. риск от факторов техногенного усиления катастроф), транспортных и иных коммуникаций (с учетом обеспечения жизнедеятельности и технического состояния до и после чрезвычайной ситуации).

При оценке уровня риска и выработки превентивных мероприятий по уменьшению возможных ущербов: реального (постериорного, локального), косвенного (побочного – вторичного) и условного (прогнозируемого), учитывается также вероятность катастрофического развития оползневой ситуации в будущем как во времени, так и в пространстве в зависимости от прогнозируемых изменений антропогенных и природных условий ПТС.

§1. Индикаторы и факторы оценки оползнепроявления в Армении

Оползневые деформации склонов в Армении, как правило, проявляются в смещении поверхностных эрозионных накоплений с охватом элювиально-пролювиальных отложений максимальной мощностью до 20-25м. У определенных типов оползней указанные смещения могут носить как одномоментный, так и перманентный характер, т.е. относительно постоянно проявляющийся во времени и пространстве характер.

На территории Армении оползни возникают, как правило, на крутых склонах высотой более 25-45м и крутизной 15-35⁰, в разрезах которых находятся глинистые породы разной степени литификации. Такими условиями характеризуются свыше 65% территории республики. Объемы единовременных смещений на склонах высотой свыше 100м зачастую составляют 1-100 тыс.м³ грунта, а скорости – от 1 до 2 м/сек.

В ненарушенных природных условиях стадии быстрого оползания предшествует длительный подготовительный период формирования поверхности смещения и накопления оползневой массы, обычно происходящего в условиях развития плоскостной и овражной эрозии, постепенного подмыва оснований склонов и увеличения их крутизны. На такую подготовку обычно уходят десятки лет. Толчком для образования оползней на подготовленных к смещению склонах может послужить любое по интенсивности внешнее воздействие, выводящее эти склоны из состояния предельного равновесия. Таким представляется механизм массовой активизации оползней в пределах крупных по площади территорий, происходящей из-за повышения увлажненности грунтов склона после дождей и таяния снегов, сейсмических сотрясений, генерирующего напряжения активных разломов и повышения уровня грунтовых вод, подмыва оснований склона паводками и др.

Особое место в активизации оползневых процессов занимает антропогенная деятельность человека (техногенный фактор оползнепроявления), связанная со строительным освоением территорий склонов: искусственная подрезка склонов, утечки воды из водонесущих коммуникаций и соответствующего подтопления, перегрузки склонов высотным строительством, вибрационного воздействия от подвижного транспорта и работающих механизмов, вырубки лесопосадок и обнажения больших площадей, подверженных эрозионному смыву и концентрации материала, подготавливаемого к смещению.

Особенно большую оползневую опасность, представляющую угрозу для безопасности Армении, представляет возможность одновременной активизации оползней в пределах различных густонаселенных территориальных единиц, как это произошло в течение 1992-1994гг. Тогда катастрофическое оползнепроявление имело место в городах: Капан (Сюникская область) и прилегающих к нему промышленных районах; Дилижан,

Иджеван, Агарцин (Тавушская область); активизировался **Вохчабердский оползень**; серия оползней в Раздане и Цахкадзоре (Котайкская область); **Одзунский оползень** и ряд оползней в Ванадзоре (Лорийская область) и др. В результате оползневых процессов была поражена территория площадью 1,7км², деформации подверглись 750 жилых домов и свыше 100 сельскохозяйственных строений, без крова остались свыше 2300 семей, выведено из строя 100км транспортных и иных коммуникаций. По данным МЧС РА суммарный прямой ущерб за это время составил \$580 млн.

Анализ результатов исследований позволил сформировать перечень основных природных и техногенных индикаторов и факторов оползневой опасности на территории республики, ранжированных по убывающей последовательности.

Основными природными факторами являются:

- горный рельеф территории (изрезанность, критические уклоны склонов);
- геотехнические (инженерно-геологические условия);
- сейсмические воздействия;
- геотектонические условия (зоны активных разломов);
- гидрогеологические условия;
- структурно-литологический состав пород;
- гидрометеорологические, гидрографические и гидрологические условия (атмосферные осадки, резкое таяние снегов, ураганные ветровые воздействия).

Основными техногенными (антропогенными) и правовыми организационными факторами, формирующими оползневую опасность на территории Армении, являются (по убывающей):

- отсутствие районирования территории республики по оползневой опасности;
- отсутствие юридической основы и механизмов применения административной и судебной ответственности за повышение оползневой опасности и риска при хозяйственном освоении территорий;
- отсутствие юридического и расчетного обоснования страхования от оползневой опасности и риска;
- утечки из водонесущих и водоаккумулирующих гидротехнических сооружений;
- нерегулируемый и неконтролируемый полив сельхозугодий;
- отсутствие обоснования повышения высоты уступов и крутизны откосов отвалов при открытой разработке полезных ископаемых;
- использования в качестве оснований под фундаменты зданий и сооружений насыпных и намывных грунтов;
- сооружение в зонах оползневой опасности без предварительной реализации мероприятий по инженерной и противооползневой защите зданий и ответственных сооружений: плотин, водохранилищ, химически вредных и пожароопасных производств;
- подрезка крутых потенциально оползнеопасных склонов транспортными коммуникациями и иными линиями обеспечения.

Следует отметить, что в направлениях выявления индикаторов и факторов оползневой опасности и риска, как и районирования территории по ним, в Армении в конце XXв. и в начале настоящего столетия, при поддержке инвестиционного финансирования, было выполнено достаточное количество изысканий и исследований как по трассам размещения отдельных объектов жизнеобеспечения, так и по отдельным территориям в рамках административного деления.

Так, в 1996г. по техническому заданию Министерства Транспорта и связи РА «Арминжпроект»-ом была выполнена оценка оползневой опасности территории размещения трасс автомобильных и железных дорог республики. Были оконтурены ареалы

оползневых тел, дана оценка устойчивости склонов и прогноз возможного экстремального развития оползневых процессов (Восканян и др., 1996).

Учитывая негативные последствия влияния Спитакского землетрясения, в 1999г. Министерство транспорта и связи РА (при коллабораторском участии специалистов из Австрии и Чехии) осуществило оценку оползневой опасности и риска воздействия на эксплуатационную надежность полотен автодорог республики в пределах зоны бедствия (Войсберг, Ярошек, 1999), в которой принимали участие специалисты ИГН НАН РА, «Арминжпроекта», «Армгипротранса» и дирекции эксплуатации автодорог Минавтодора. В работе была дана оценка состояния автодорог и оползневых склонов, а также сооружений инженерной защиты. Были предложены мероприятия по предупреждению активизации оползней и по реконструкции защитных сооружений.

Рассматриваемой проблеме посвящен ряд работ, освещающих оценку оползневой опасности и риска воздействия на урбанизированные территории (Grigoryan et all, 2006), на линии жизнеобеспечения (Khachatryan, Stephanyan, 2008), на гидротехнические и мелиоративные сооружения (Степанян и др., 2007) и др.

Методика оценки оползневой опасности в Армении основывается на прогностическом подходе, включающем информацию о геотехническом, геофизическом, сейсмическом, гидрогеологическом и гидрометеорологическом состоянии оползнеопасных склонов на основе мониторингового (наземного и дистанционного) контроля, расчетно-аналитических исследований устойчивости склонов, моделирования механизма возможного оползневого деформирования и прогноза параметров катастрофического оползнепроявления.

К сожалению, прогноз оползневой опасности, практикующийся в Армении и основывающийся на индикации физических предвестников оползней разного генезиса, механизма разрушения, геотехники, масштабности и др. с привлечением метода аналогий подобных катастрофических оползнепроявлений на территории республики и прилегающих стран с идентичным рельефом и условиями, в настоящее время носит долгосрочный характер. В то же время, при повторном обследовании оползневых участков «Вокзальный» (Сюникская область, 1996г.) и «Дом творчества кинематографистов» (Тавушская область, 1991г.) на основе инструментальных замеров критических пределов и скоростей смещений оползневых масс (0,3-0,5м/сут.) был сделан краткосрочный прогноз обвального оползневого смещения в недельный (в первом случае) и двенадцатидневный (во втором случае) сроки.

Учитывая, что точность оценки риска в большей степени зависит от представительности и достоверности информационного поля о состоянии свойств ПТС и его изменчивости по времени и месту, А.Корбун с соавторами (Корбун и др.,1994) выделяют несколько основных компонентов оценки риска, требующих как качественного, так и количественного раздельного рассмотрения:

- вероятности природной опасности для конкретной территории;
- объекты ПТС, подверженные риску, требующие идентификации оползневой опасности как в региональном, так и в локальном (пообъектном) плане;
- численности и плотности населения, подвергающегося угрозе поражения в рассматриваемом регионе: техногенного наполнения территории, подвергающейся оползневой опасности; количественной оценки параметров оползневого смещения с прогнозом экстремального развития оползневых процессов; количественной оценки ущербов: реальных, косвенных и условных;
- уязвимости, т.е. степени повреждения природных и технических объектов, а также человеческих жертв в случае реальности угроз активизации оползневой опасности

Методика оценки оползневой риска с учетом рекомендаций (Корбун и др., 1994) используемая в Армении (Джрбашян и др., 1998), основывается на следующих основных положениях:

- идентификация оползневой опасности на региональном и локальном (объектовом) уровнях с оценкой геотехнических, инженерно-геологических, сейсмических, геодинамических, гидрогеологических, морфологических и др. условий, их изменчивости в пространстве и во времени с прогнозом возможной активизации и негативного влияния на уязвимость ПТС;

- идентификация социально-хозяйственных объектов, коммуникаций жизнеобеспечения, искусственных сооружений, инфраструктур городов и населенных пунктов, попадающих в зону появления оползневой опасности, прогноз возможного разрушения объектов и риска человеческих потерь;

- районирование территорий по степени оползневой опасности с количественной оценкой (ущербы) последствий негативного воздействия оползнепроявления на реальном и прогнозном уровнях;

- прогноз возможного экстремального развития оползнепроявления, основывающийся на моделировании механизма оползневого нарушения устойчивости склонов, контроле опасной изменчивости факторов оползневого смещения (мониторинг) и расчетно-аналитических исследований устойчивости склонов на разных этапах развития процесса (реальный и прогностический уровни);

- картографическое, графическое, и табличное представление оползневой опасности и риска в формате географической информационной системы (ГИС), послужившей основным методическим и теологическим механизмом по оценке оползневой опасности и риска.

Ниже приводится региональная оценка оползневой опасности по территории Арташатского района Араратской области Армении, осуществленная институтом «Армгипрозем» в 1991г. (Варданян и др., 1992).

Арташатский район расположен на СВ окраине Араратской равнины, в области водосборного бассейна р.Азат с абсолютными отметками от 850 до 2046м, площадью 507 км².

В орографическом отношении территория Арташатского района характеризуется контрастным сочетанием территорий с выдержанными, спокойными, удобными для сельскохозяйственного использования почвами, с территориями, расположенными на крутых и обрывистых горных склонах, местами сильно изрезанных сетью ущелий и оврагов, что затрудняет возделывание сельскохозяйственных культур. Среднегорная зона (1450-1850м) занимает ЮВ склон Гегамского хребта с выпуклыми умеренно крутыми склонами, изрезанными широкими долинами притоков р.Азат. Высокогорная зона (1850-2500м) занимает ЮВ и Ю склоны Гегамского хребта, крутизна которых варьирует в пределах 15-20⁰, местами до 30⁰. Характерной морфологической особенностью средне-высокогорных зон является наличие многочисленных временно стабилизированных и активно действующих оползней.

Гидрографическая сеть относится к бассейну р.Аракс. Река Азат и ее притоки питаются в основном родниковыми водами андезит-базальтовых лав Гегамского хребта и имеют постоянный сток. Река Азат протекает по рассматриваемой территории с СВ на ЮЗ. Здесь много сухих русел притоков, оврагов и балок, заполняющихся только во время весеннего снеготаяния и дождевых осадков.

К четвертичному возрасту, с которым связано проявление опасных оползневых процессов, относятся элювиально-делювиальные, делювиально-пролювиальные и аллювиально-пролювиальные образования, представленные супесями, суглинками, глинами, песками, глыбово-обломочными и торфяно-болотными образованиями.

В тектоническом отношении район относится к сложным, входящим в состав двух тектонических зон: Ереванской и Приаракской, характеризующейся формированием тектонических движений длительного периода. Наиболее крупной антиклинальной складкой района является Урцкая, ограничивающая Еревано-Вединский синклиниорий с юга на юго-восток. В пределах территории зафиксировано множество тектонических нарушений второго порядка, приуроченных к главным разрывным нарушениям и магматическим внедрениям.

Формирование и развитие современного рельефа бассейна среднего и верхнего течения р.Азат связано с новейшим тектонизмом, вызванным интенсивным поднятием Гегамского хребта и опусканием прилегающих к Араратской котловине участков.

Рассматриваемая территория относится к единому инженерно-геологическому району, подразделяющемуся на ряд инженерно-геологических участков.

Высокогорное плато охватывает юго-западную часть Гегамского хребта и его отроги.

Плато представляет собой слабо расчлененный единый вулканический массив, представленный андезито-базальтовыми лавами. Высокогорное плато в ЮЗ направлении переходит в холмисто-бугристое грядово-лавовое поле отрогов, покрытое нагромождением россыпей (чингиллов), представленных глыбовым сосредоточением андезито-базальтов. Лавовые плато окаймляются крутым, реже отвесным обрывом, ниже которого начинается среднегорная полоса, где обнажаются выходы скальных пород.

Среднегорная зона характеризуется интенсивно расчлененным рельефом. Крутизна склонов колеблется в пределах от $15-20^{\circ}$ до $30-35^{\circ}$. Сложены они туфопесчаниками, глинистыми известняками, песчаниками, глинами, мергелями, последние перекрыты маломощным слоем элювиально-делювиальных, суглинисто-супесчаных образований, которые отличаются значительной неоднородностью и содержат включения обломков коренных пород от 10 до 45%. Отдельные участки склонов изрезаны крутостенными оврагами и балками различной глубины.

Предгорная зона охватывает область перехода среднегорной зоны к Араратской равнине и характеризуется пестрым литологическим составом пород разной степени физико-механического выветривания.

Современная эрозионно-денудационная зона Арташатского района расчленена временными водотоками на множество плоских гряд и ложбин, в пределах которых активно развиваются обвально-оползневые процессы. Среди пород коренной основы выделяются вулканогенная, вулканогенно-осадочная и интрузивная формации. В зависимости от состава, прочности, устойчивости и денудации склонов находится и состояние склонов и формирование рельефа. Так, склоны, сложенные вулканогенно-осадочными породами (порфиритами и их туфобрекчиями с пирокластами), обычно образуют выгнутые в плане крутые расчлененные склоны.

Склоны, сложенные осадочными породами (терригенно-карбонатными), характеризуются интенсивно расчлененным, частично ступенчатым – приподнятым рельефом с широким развитием экзогенно-геологических процессов.

Делювиальные склоны крутизной $10-40^{\circ}$ занимают доминирующее положение на рассматриваемой территории. Склоны с супесчано-суглинистыми образованиями мощностью от 0,6 до 3,5 м и с щебенисто-глыбовыми включениями, подстилаются комплексом отложений смешанного генезиса (делювиально-пролювиального), подверженного оползне-обвальным процессам.

Делювиально-пролювиальные отложения образуют довольно мощные накопления, представлены средними и тяжелыми суглинками, реже глинами. Мощность этих отложений варьирует в пределах от 3 до 15 м, реже 25 м.

В Арташатском районе особенно широко распространены аллювиально-озерные отложения, которые представлены песчано-глинистыми образованиями, основанием которых служат андезито-базальты, являющиеся зоной функционирования горизонтов напорных и иластовых вод. Преобладающее большинство грунтов района относится к среднесжимаемым, с допустимой нагрузкой 3-5 кг/см², отличаются низкой естественной влажностью (14-16,5%), модуль осадки – в пределах (25-50 мм/м), угол внутреннего трения – $16-24^{\circ}$ и с усилением 0,3-0,5 кг/см².

В Арташатском районе, территория которого относится к горно-складчатой области, выделяются два морфологических типа рельефа:

- эрозионно-денудационные склоны.
- области преобладающей аккумуляции.

Гравитационные процессы развиваются в основном на эрозионно-денудационных склонах.

Исходя из задачи – разработки мероприятий по стабилизации оползней (ИЗТ), проведена разработка градации оползневых участков по типу, масштабности и активности проявления оползневых процессов. На территории идентифицировано 73 оползневых зоны различного механизма проявления, масштабности и активности, поражающих около 1405 га площади.

В приведенной ниже таблице 19 сведены данные о наибольшей пораженности территории активным оползнепроявлением (15 участков).

Данные таблицы 19 показывают, что соотношение активных и временно стабилизированных оползней соответственно составляет 35,5% и 64,5%.

Оползнеобвалыные процессы особенно влияют на земли хозяйств сел Блдашен, Гейласар, Мец Гаванлар, Покр Гнох и Елинджа.

Таблица 19.

Распространение активных и стабилизированных оползней в Арташатском районе

№№ п/п	Наименование населенного пункта	Занимаемая площадь, га	Площадная пораженность оползнями			Коэффициент пораженности
			активными	стабилизиро- вавшимися	Всего	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Айгоапард	3409	73,1	135,5	308,6	0,06
2.	Айгестан	878	-	37,2	37,7	0,04
3.	Аревшат	1692	-	44,3	44,3	0,02
4.	Баграмян	1266	22,5	1,3	23,8	0,02
5.	Баграташен	6040	2,5	6,7	11,2	0,002
6.	В.Арташат	3748	-	3,7	3,7	0,001
7.	Востан	571	50,6	-	50,6	0,09
8.	Дилар	798	68,1	20,9	58,1	0,11
9.	Двин	1594	-	162,5	162,5	0,10
10.	Маско	1672	-	0,9	0,9	0,004
11.	Мартун	1115	5,6	61,6	67,2	0,06
12.	Мхчян	1649	5,6	9,4	8,0	0,005
13.	Вазашен	659	-	10,0	10,0	0,02
14.	Шаумян	1453	-	2,4	2,4	0,002
15.	Прочие земли (лесное хозяйство, пашня и др.)	30001	300,0	470,0	770,0	0,026
Итого по району		58649	628,0	1495,0	1475,0	

В таблице 20 для наглядности приводится прогнозная оценка оползневых участков с информацией о возможном ущербе и попыткой проведения кодирования оползневых участков.

Полная информация с элементами кодирования оползнепроявления по всей территории Арташатского района приводится в таблице 21.

Прогнозная оценка оползневой опасности и риска отдельных объектов Арташатского района

№№ п/п	Наименование хозяйств в селе и объектов	Оползнеопасные зоны или участки землепользования	Прогнозная оценка оползневой опасности и риска возможного ущерба объектам от оползнепроявления
1	2	3	4
1.	Мец Гигадир	Восточная и ЮВ окраина села (Ic – 1)	Повсеместно фиксируется скатывание глыб (камнепады) с крутых откосов склонов. Угрожает разрушением 8 домов и приусадебных участков. Отмечается деформирование фундаментов 5 домов (проседание), нарушение и повреждение несущих конструкций. Деформирование грунтовой дороги на протяжении 260 метров.
2.	Развилка у села Елинджа	СВ, восточные и ЮВ окраины села (IVб – 13, IVб – 14)	Зафиксировано локальное оползнепроявление на двух участках площадью в 2,5-4,0га каждый. Активизация оползней вызвала смещение фундаментов(оседание) и деформацию несущих конструкций 5 домов. Деформирование нижней части грунтовой дороги протяженностью 80м. Северо-восточная окраина села находится под воздействием постоянных камнепадов, связанных с воздействием активного разлома СВ и СЗ направления и криловых подвижек территории села, базирующегося близ разлома. Угрожает транспорту и целостности дороги протяженностью в 400м.
3.	Село Имирзик	Развилка у СВ окраины села (IVб – 6)	Активизация трех оползней общей площадью 7,8 га на СВ окраине села. Зафиксировано деформирование фундаментов и несущих конструкций 6 домов и приусадебных участков. Общая протяженность деформированного участка дороги составляет 70м.
4.	Село Гайласар	В 1,8 км западнее села (Iб – 3 и Iб – 5) И в 1,0 км к СВ от села Гайласар (IVб – 25)	Оползневые процессы постоянно вызывают деформирование дороги по трассе Веди-Гайласар на протяжении 450м, а также участка дороги Гайласар-Гарни протяженностью 250м.

Информация об оползнях Арташатского района с кодированием оползнепроявления

№№ п/п	Код оползня	Местоположение оползня и объекта инфраструктуры	Форма оползня в плане	Площадь, га	Средняя глубина захвата, м	Средний уровень грунтовых вод, м
1	2	3	4	5	6	7
1.	Іб-1	Прочие земли	Сложная	21,3	36,8	24,0
2.	Іб-1	Прочие земли	Сложная	179,4	43,7	24,5
3.	Іб-2	Двин	Циркообразная	53,7	36,4	22,6
4.	Іб-3	Марутни	Сложная	25,6	35,0	29,0
5.	Іб-4	Айгепард	Циркообразная	30,6	27,4	-
6.	Іб-5	Прочие земли	Сложная	30,6	36,3	-
7.	Іб-6	Прочие земли	Сложная	20,0	34,5	21,4
8.	Іб-7	Двин	Циркообразная	29,4	23,0	17,8
9.	Іб-8	Айгепард и Двин	Циркообразная	63,1	35,0	5,7
10.	Іа-1	Баграмян	Циркообразная	2,5	5,4	5,0
11.	Іа-3	Баграмян	Циркообразная	1,9	4,8	4,5
12.	Іа-3	Баграмян	Циркообразная	1,2	3,6	3,5
13.	Іа-4	Баграмян	Циркообразная	1,8	3,8	8,0
14.	Іа-5	Баграмян	Циркообразная	1,2	5,3	4,4
15.	Іа-6	Баграмян	Сложная	1,9	4,8	4,2
16.	Іа-7	Баграмян	Сложная	5,8	4,6	3,8
17.	Іа-8	Баграмян	Циркообразная	3,7	5,0	3,0
18.	Іа-9	Баграмян	Сложная	1,2	3,5	2,7
19.	Іа-10	Баграмян	Циркообразная	2,5	3,4	26,0
20.	Іа-11	Айгепард	Циркообразная	4,4	5,6	4,0
21.	Іа-12	Айгепард	Циркообразная	35,7	23,7	5,6
22.	Іа-13	Востан	Сложная	13,5	6,9	4,5
23.	Іа-14	Айгепард	Циркообразная	3,1	4,3	6,0
24.	Іа-15	Айгепард	Циркообразная	7,5	6,6	4,5
25.	Іа-16	Шаумян	Сложная	37,4	26,3	20,0
26.	Іа-17	Даллар	Сложная	68,1	36,3	24,0
27.	Іа-18	Прочие земли	Глетчерообразная	17,1	27,6	16,5
28.	Іа-19	Востан	Сложная	29,4	9,5	7,8
29.	ІІб-1	Марутни	Глетчерообразная	25,8	9,4	14,5
30.	ІІа-1	Прочие земли	Глетчерообразная	14,4	16,0	14,5
31.	ІУа-1	Баграмян	Глетчерообразная	1,8	3,4	5,4

1	2	3	4	5	6	7
32.	IVa-2	Востан	Сложная	8,7	6,5	5,4
33.	IVa-3	Прочие земли	Сложная	107,5	43,0	24,0
34.	IVa-4	Айгепард	Циркообразная	19,4	8,6	7,3
35.	IVa-5	Мартуни	Циркообразная	5,6	6,5	4,8
36.	IVa-6	Прочие земли	Сложная	138,1	47,0	30,0
37.	IVб-1	Баруришен	Циркообразная	7,5	3,5	-
38.	IVб-2	Баруришен	Сложная	1,2	4,8	3,2
39.	IVб-3	Баграмян	Циркообразная	1,3	3,6	3,3
40.	IVб-4	Аревшат	Циркообразная	7,5	11,7	7,9
41.	IVб-5	Аревшат	Циркообразная	1,9	3,6	-
42.	IVб-6	Аревшат	Циркообразная	3,1	6,5	5,2
43.	IVб-7	Прочие земли	Циркообразная	14,4	17,8	14,0
44.	IVб-8	Прочие земли	Циркообразная	2,5	4,0	-
45.	IVб-9	Прочие земли	Циркообразная	2,5	6,7	6,0
46.	IVб-10	Айгестан и Мхчян	Циркообразная	5,9	8,5	7,2
47.	IVб-11	Айгестан	Сложная	8,1	10,3	8,0
48.	IVб-12	Аревшат	Циркообразная	21,2	24,5	17,0
49.	IVб-13	Аревшат	Циркообразная	8,1	27,5	20,0
50.	IVб-14	Аревшат	Циркообразная	8,1	27,5	27,0
51.	IVб-15	Прочие земли	Сложная	10,0	14,8	12,0
52.	IVб-16	Прочие земли	Циркообразная	15,0	18,5	-
53.	IVб-17	Прочие земли	Циркообразная	1,9	4,7	-
54.	IVб-18	Прочие земли	Циркообразная	2,5	4,6	-
55.	IVб-19	Айгепард	Циркообразная	15,0	6,5	-
56.	IVб-20	Айгепард	Циркообразная	3,7	5,0	-
57.	IVб-21	Прочие земли	Сложная	17,4	7,8	1,8
58.	IVб-22	Айгепард	Циркообразная	5,0	-	-
59.	IVб-23	Айгепард	Циркообразная	1,9	4,0	-
60.	IVб-24	Айгепард	Циркообразная	2,5	5,3	-
61.	IVб-25	Прочие земли	Сложная	45,0	34,5	18,2
62.	IVб-26	Айгестан	Сложная	12,5	8,4	-
63.	IVб-27	Масис	Циркообразная	6,7	7,7	6,0
64.	IVб-28	Арташат	Циркообразная	1,2	3,4	-
65.	IVб-29	Арташат	Циркообразная	2,5	5,7	-

1	2	3	4	5	6	7
66.	IVб-30	Мхчян	Циркообразная	2,4	4,0	-
67.	IVб-31	Айгезард	Циркообразная	1,2	3,6	-
68.	IVб-32	Мартуни	Сложная	11,2	11,5	-
69.	IVб-33	Прочие земли	Сложная	19,4	13,3	-
70.	IVб-34	Даллар	Сложная	12,5	17,5	10,4
71.	IVб-35	Айгестан и прочие земли	Циркообразная	123,1	45	23,5
72.	IVб-36	Прочие земли	Циркообразная	25,6	6,0	-
73.	IVб-37	Прочие земли	Сложная	29,4	15,3	-
74.	IVб-38	Прочие земли	Глетчерообразная	5,6	9,4	3,3
75.	IVб-39	Прочие земли	Циркообразная	36,7	31,0	15,0
76.	IVб-40	Прочие земли	Циркообразная	2,5	24	-
77.	IVб-41	Айгедзор	Циркообразная	50,6	35,0	1,8
78.	Vб-1	Даллар	Циркообразная	8,1	14,3	6,7
Итого по рассматриваемому району				1495,0		

Заслуживает внимания методика оценки локальной оползневой опасности процесса, использованная Министерством Градостроительства РА, НИИ «Геориск» под патронажем японской фирмы JICA Study Team (Landslide Disaster Management in the Republic of Armenia. Landslide Inventory Survey, E., 2004-2006) при инвентаризации оползнеопасных участков на территории РА.

В основу методики положен принцип объемной комплексной паспортизации локального оползневого участка, предусматривающего детальное отражение географического, административного и координатного размещения оползневого тела с кодированием степени опасности и риска, а также приоритетной необходимостью выполнения исследований. Паспорт сопровождается схематической, картографической и текстовой информацией о масштабности, изученности, геотехнических параметрах, структурно-литологическом составе территории, пораженной оползневом процессом, а также количеством и техническим состоянием хозяйственных и социальных объектов, попадающих в зону опасного оползневого воздействия.

Для наглядности приводится пример паспортизации, осуществленной для оползневого участка в г. Капане Сюникской области РА (табл. 22).

Форма-1 Общая

Форма общей инвентаризации рассматриваемого оползневого участка

Паспорт оползня	Наименование оползня	Расположение				Координаты и высота центра оползня						Масштаб смещенной массы			Степень опасности	Степень риска	Степень риска категория приоритета для проведения исследования по <small>ГОСТ 30650-2002</small>	Заметки (опасность)	Заметки (риск)	Заметки (Основание для выбора приоритета)	Существующий список приоритетов	
						Широта N			Долгота E													Высота (m)
Область, город	Община	Поселение/Район/Улица	Код индекса карты (1:100,000)	Градус	Минута	Секунда	Градус	Минута	Секунда	Высота (м)	Ширина (м)	Длина (м)	Площадь (га)									
СЮН-021-00010	Капан, ул Шинарарнери, Школа №10	Сюник	Капан	Улица Шинарарнери	J-38-33	39	11	56	46	24	31	904	110	200	220	I	Н	A	Раскрытие трещины прогрессирует	Три дома	Опасение по поводу несчастных случаев	*
СЮН-021-00020	Район Гегануш	Сюник	Капан	Гегануш	J-38-33	39	12	57	46	24	32	1100	250	280	270	I	Н	A	Тревога по поводу обвала при сильном дожде	Железные дороги, дома, другие здания	Высокая степень риска от разрушения жилых домов	UD1-1
СЮН-021-00030	Андраникашен	Сюник	Капан	Андраникашен	J-38-33	39	13	58	46	24	33	1200	270	270	320	I	Н	A	Деформация прогрессирует	Дома, общественные здания, дороги	Опасение по поводу несчастных случаев	UD1-2

**Кодирование степеней оползневой опасности и риска
с учетом возможного поражения объектов риска**

Код степени опасности			
I	Прогрессирующие повреждения		
II	Повреждения, о которых доложили, или которые были опознаны в прошлом и относительно которых не были предприняты результативные контр-мероприятия		
III	Конфигурация оползня опознана, о сильных повреждениях не доложено/не опознаны		
Код степени риска (Объекты риска и воздействие окружающей среды/экономическое воздействие) степень опасности			
Высокая	В качестве объектов риска существует много домов, общественных объектов или важных инфраструктур; оползень оказывает серьезное воздействие на окружающую среду		
Средняя	В качестве объектов риска существует несколько домов, общественных объектов или важных инфраструктур; оползень оказывает серьезное воздействие на окружающую среду		
Низкая	Оползень, мало связанный с человеческой деятельностью		
<i>Пример экономического воздействия/ воздействия на окружающую среду.</i>			
Образование оползневой дамбы и резервуара.			
Наводнение в результате обрушения оползневой дамбы.			
Потенциальный рост движения осейшей			
Неудобства, причиняемые приостановлением дорожного движения			
Категория приоритета кода для проведения исследования по полевой инвентаризации			
Степень опасности Степень риска	I	II	III
Высокая	A	A	B
Средняя	A	B	C
Низкая	B	C	C

Существующие коды приоритета

Градостр. 1-1	Список №1 Министерства Градостроительства: План по осуществлению противооползневых мероприятий в Республике Армения на 2002-2004гг. Приоритет 1
Градостр. 1-2	Список №1 Министерства Градостроительства: План по осуществлению противооползневых мероприятий в Республике Армения на 2002-2004гг. Приоритет 2
Градостр. 2	Список №2 Министерства Градостроительства: Список оползневых зон, не включенных в программу первоочередных противооползневых мероприятий на территории РА, предложенных в рамках программы среднесрочных расходов на 2005-2007гг., не включая Градостр. 1-1 и Градостр. 1-2.
Градостр. 3	Список №2 Министерства Градостроительства: Список дополнительных приоритетных оползней.
УЧС	Список 59-и приоритетных оползней, составленный УЧС.

На нижеприведенных рисунках представлены:
 план-схема зафиксированного оползневого тела у школы №10 по улице Шинарарнери в г. Капане с нанесением линии профиля (рис.85);
 схематический разрез по профилю от главного скарпа до уреза реки (рис.86);
 условные обозначения к рис.85 и 86.

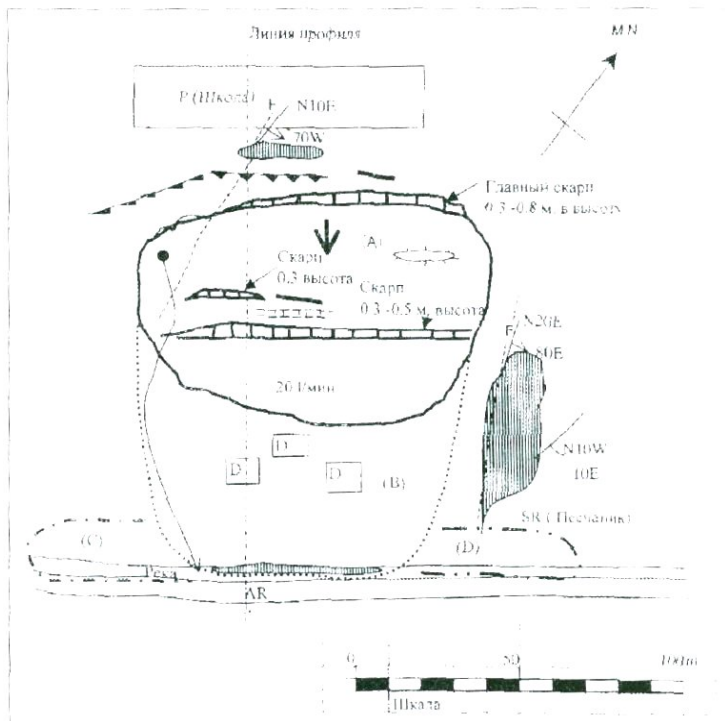
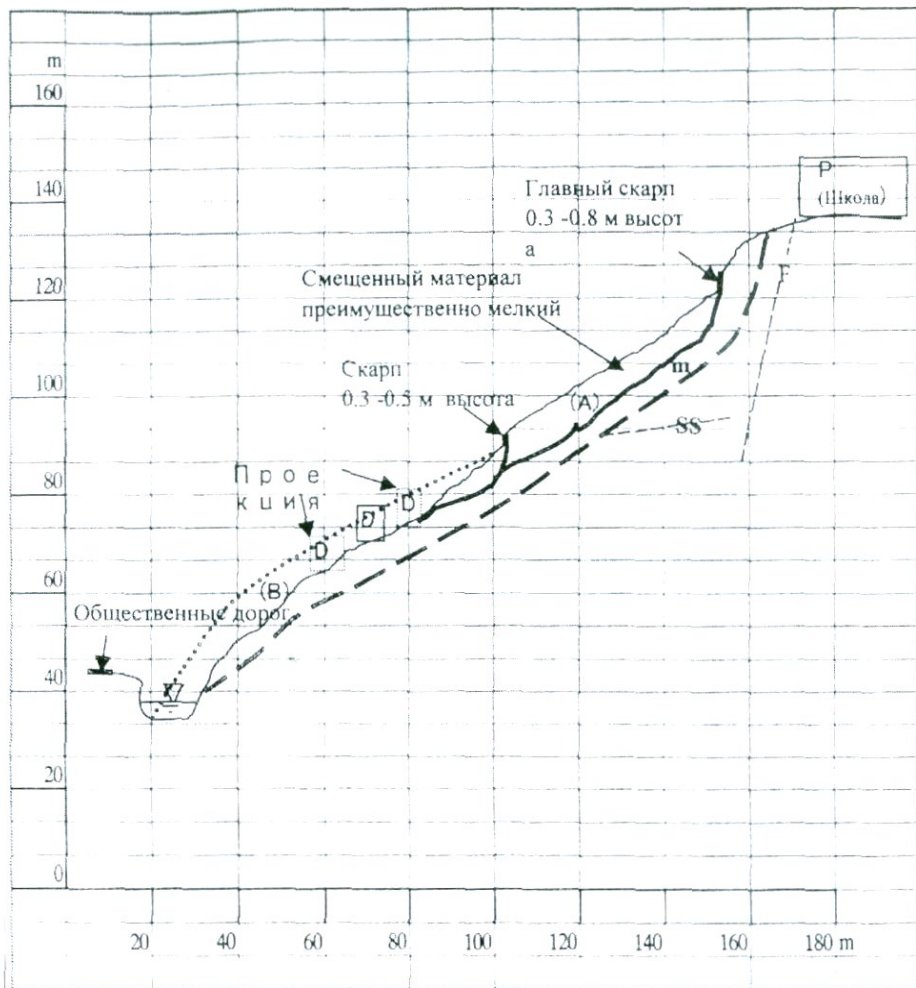
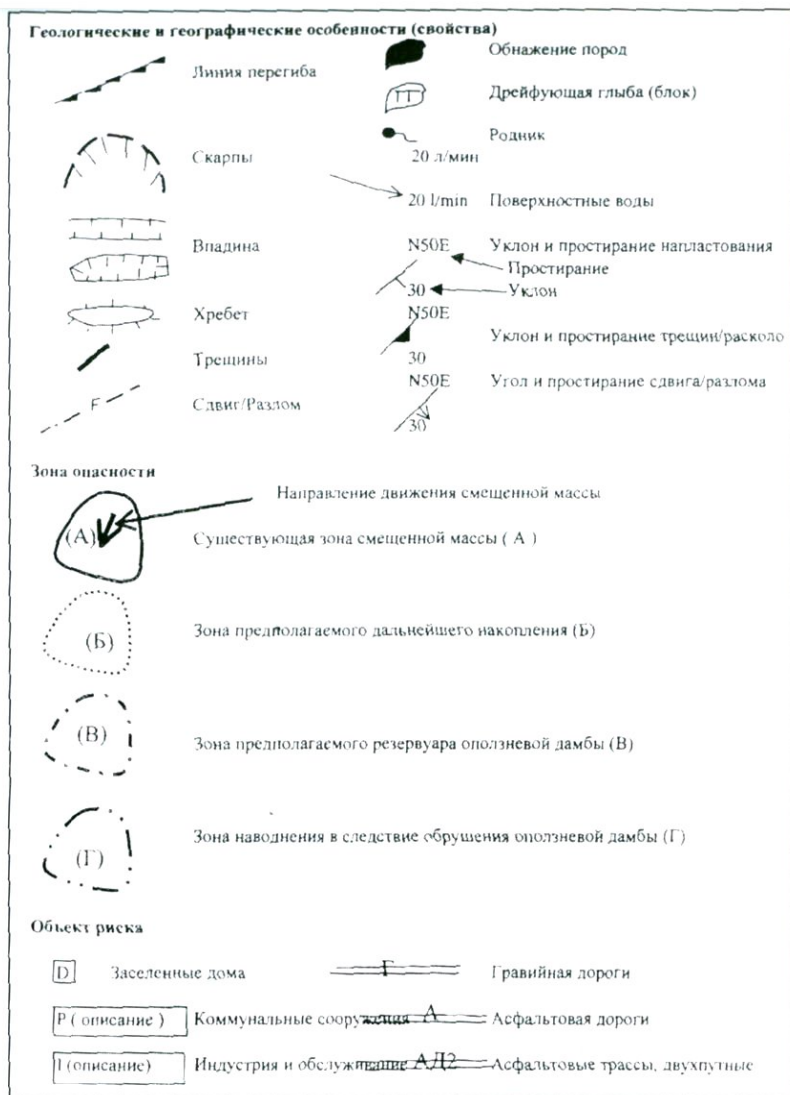


Рис.85. Схематический план оползневой участка





Условные обозначения к рис. 85 и 86

Заслуживает внимания представленная информация к обоснованию оценки оползневой опасности и риска с помощью кодирования, что несомненно будет способствовать упорядочению материалов изысканий и исследований и облегчит формирование картографических моделей рассматриваемых территорий.

На рис. 87 отражена схема размещения предполагаемой поверхности смещения оползня, а в таблице 24 сведены данные кодирования литологического состава грунтов и горных пород, принимающих участие в строении структуры оползневого склона.

Рис. 87. Схема размещения предполагаемой поверхности смещения оползня

Таблица 24.

Коды фаций литологического состава грунтов и горных пород, слагающих оползневые склоны

Приповерхностные отложения		Материалы коренных пород					
		Осадочные		Изверженные		Метаморфические	
c	Суглинок	SS	Песчаник	GR	Гранит	QT	Кварцит
m	Глина	ST	Алеврит	AN	Андезит	SC	Аспидный сланец
s	Песок	CS	Аргиллит	BA	Базальт	GN	Гнейс
g	Гравий	CG	Конгломерат	SY	Сиенит	SL	Шиферный сланец
k	Будыжник	LS	Известняк	RH	Риолит	MA	Мрамор
b	Валуны	SH	Глинистый сланец	DI	Диорит	SE	Змеевик
p	Торф			IO	Другие	MO	Другие
o	Органический материал						
d	Инфузорная земля						
do	Другие						

Паспортизация предусматривает кодирование типов движения оползневой поверхности (механизм разрушения), материалов (грунтов и пород, слагающих склоны), возраста пород, структуры и залегания пластов, степени выветривания и др. Несомненный интерес представляет методический подход к оценке оползневой активности, основанный на интегральном учете ущерба, нанесенных оползневой активизацией: строительному сектору (таблица 25), транспортному (таблица 26), инфраструктурному (таблица 27) и сельскохозяйственным секторам (таблица 28).

Оценка ущерба, нанесенного строительному сектору

Паспорт оползня	СЮН-021-00010
Название оползня	Капан, ул. Шинарарнери, школа №10
Дата исследования	Май, 24, 2004г.

			Жилые дома		Больницы		Школы		Общественные здания		Производственные здания		Коммунальные здания				
			Число ед.	Средняя площадь земельного участка, м ²	Число ед.	Средняя площадь земельного участка, м ²	Число ед.	Средняя площадь земельного участка, м ²	Число ед.	Средняя площадь земельного участка, м ²	Число ед.	Средняя площадь земельного участка, м ²	Число ед.	Средняя площадь земельного участка, м ²			
Существенный ущерб	Непосредственный ущерб	Подсчитать ущерб каждой из 6 категорий в зоне (А), по формуле: $U = \sum_{i=1}^6 K_i \cdot C_i$ (Код категории ущерба здания)	Категория ущерба 0	95	100	95	100	95	100	95	100	95	100	95	100		
			Категория ущерба I	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100
			Категория ущерба II	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100
			Категория ущерба III	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100
			Категория ущерба IV	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100
			Категория ущерба V	8	100	8	100	8	100	8	100	8	100	8	100	8	100
Косвенный ущерб			11 домов - необходимость сооружения гравиной дороги длиной в 400м, ведущую к новым домам				2 недели / год на ремонт	4-классные комнаты из 6-ти не могут быть использованы				*	Винный завод - 5 млн драмов в год потери производства (10% производительности)				
Потенциальный ущерб	Непосредственный ущерб	Подсчет всех объектов риска в зонах A+B+C+D за исключением V категории строительного сектора	Жилые дома	50	100	1	700	1	900	0	0	1	500	0	0		
			Число ед.	Средняя площадь земельного участка, м ²	Число ед.	Средняя площадь земельного участка, м ²	Число ед.	Средняя площадь земельного участка, м ²	Число ед.	Средняя площадь земельного участка, м ²	Число ед.	Средняя площадь земельного участка, м ²	Число ед.	Средняя площадь земельного участка, м ²	Число ед.	Средняя площадь земельного участка, м ²	
Косвенный ущерб			50 домов - 800м гравиной дороги, водоснабжение				Полностью не функционирующие	Полностью не функционирующие				*	Винный завод - 5 млн драмов в год				

Оценка ущерба, нанесенного транспортному сектору

Паспорт оползня	СЮН-021-00010
Название оползня	Капан, ул. Пинарарнери, школа №10
Дата исследования	Май, 24, 2004г.

		<i>Дороги</i>					Мосты, м ²	Железнодорожные пути, м
		Гравийная дорога, м ²	Асфальтовая дорога, м ²	Асфальтовая трасса, двухпутная, м ²				
Существующий ущерб	Непосредственный ущерб	Число частично или полностью разрушенных объектов, которые не функционируют	0	20	0	0	0	
	Косвенный ущерб	Описание (Местоположение/ альтернативная дорога/ время простоя/ число задействованных людей)	*	Местная дорога необходимость построения гравийной дороги в 30 метров закрыта на 30 дней 100 человек задействованных рабочих	*	*	*	
		<i>Дороги</i>					Мосты, м ²	Железнодорожные пути, м
		Гравийная дорога, м ²	Асфальтовая дорога, м ²	Асфальтовая трасса, двухпутная, м ²				
Потенциальный ущерб	Непосредственный ущерб	Подсчет всех объектов риска в зонах А·В·С·D за исключением существующих поврежденных объектов	0	80	0	0	0	
	Косвенный ущерб	Описание (Местоположение/ альтернативная дорога/ время простоя/ число задействованных людей)	*	Местная дорога необходимость построения гравийной дороги в 100 метров закрыта на 60 дней 100 человек задействованных рабочих	*	*	*	

* Схематичное отражение зон оползневого смещения то же, что и в случае оценки ущерба строительного сектора, а также для ущерба остальных секторов.

Оценка ущерба, нанесенного инфраструктурному сектору

Паспорт оползня	СЮН-021-00010
Название оползня	Капан, ул. Шинарарнери, школа №10
Дата исследования	Май, 24, 2004г.

		Система газоснабжения, м	Питьевая вода и система канализации, м	Орошение и дренажная система, м	Реки, м	Энергия и электричество, м	Телефонные линии, м
Существующий ущерб	Непосредственный ущерб	0	0	0	0	0	50
	Косвенный ущерб	*	*	*	*	*	Рядом с Капанской школой 2 недели 300 людей
Потенциальный ущерб	Непосредственный ущерб	0	0	0	0	0	60
	Косвенный ущерб	*	*	*	*	*	Рядом с Капанской школой 2 недели 300 людей

Оценка ущерба, нанесенного сельскохозяйственному сектору

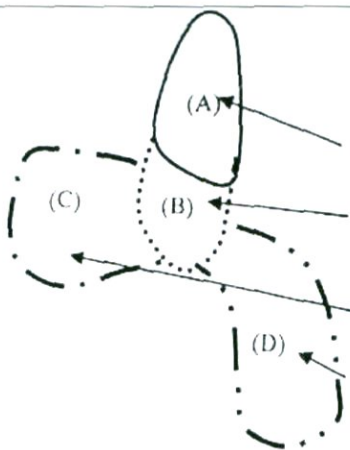
Паспорт оползня	СЮН-021-00010
Название оползня	Капан, ул. Шинарарнери, школа №10
Дата исследования	Май, 24, 2004г.

		Пахотная земля, га	Пастбищная земля, га	Лесное угодье (производство древесины), га	
Существующий ущерб	Непосредственный ущерб	Число частично или полностью разрушенных объектов, которые не функционируют	0	0	0
	Косвенный ущерб	Описание: (Потеря производства)	*	*	*
		Пахотная земля, га	Пастбищная земля, га	Лесное угодье (производство древесины), га	
Потенциальный ущерб	Непосредственный ущерб	Подсчет всех объектов риска в зонах A+B+C+D за исключением существующих поврежденных объектов	0	0	0
	Косвенный ущерб	Описание: (Потеря производства)	*	*	*

Ниже приводится кодирование повреждения зданий в соответствии со схемой локального и предполагаемого оползневого смещения (таблица 29).

Код для категорий поврежденных зданий

0	Отсутствие каких-либо повреждений
I	Здания в хорошем техническом состоянии; незначительные повреждения, которые могут быть устранены текущими реставрационными работами
II	Здания в удовлетворительном техническом состоянии; повреждения, которые могут быть устранены строительно-восстановительными работами
III	Здания в неудовлетворительном техническом состоянии; глубокие и сквозные трещины-щели в стенах, повреждения могут быть устранены посредством усиления и восстановительными работами
IV	Здания в аварийном состоянии; опасные для дальнейшего использования жильцы должны быть переселены
V	Здания частично или полностью разрушены - жильцы должны быть выселены



Подпись к схеме:

- (A) (B) (C) (D)
- Зона существующей смещенной массы (A)
- Зона предполагаемого дальнейшего накопления (B)
- Зона наводнения при обрушении дамбы (D)
- Зона предполагаемого резервуара оползневой дамбы (C)

К паспорту приложены: план расположения оползня (рис.88), основной профиль (рис.89) по оползневому телу с выделением основных элементов инфраструктуры, подверженной воздействию оползня, а также фотографические фрагменты (фрагменты фото на рис. 90 и 91), отражающие элементы воздействия оползня.

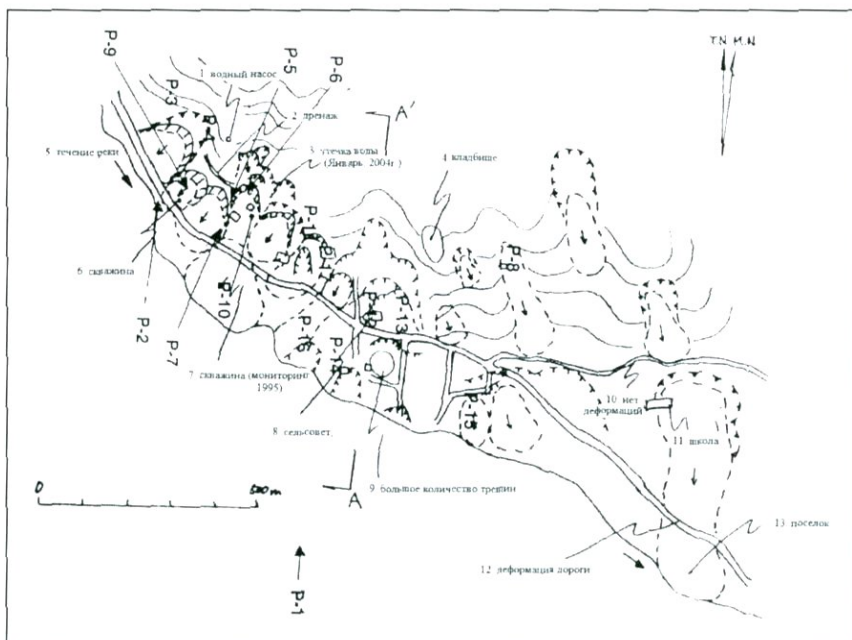


Рис.88. План расположения Катанского оползня по улице Шинарарнери с элементами кодирования

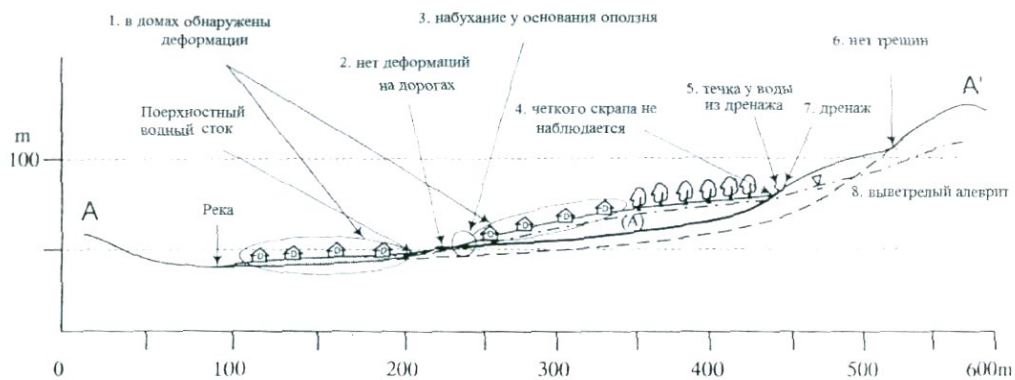


Рис.89. Основной разрез по телу оползня с элементами инфраструктуры, подверженных оползневой опасности



Рис. 90. Фрагмент воздействия оползня



Рис. 91. Главный скарп оползня высотой 3-8м

§2. Особенности качественной и количественной оценки уязвимости природных и технических объектов от проявления возможных оползневых процессов сейсмогенного генезиса

Значительный комплекс, используемый при изучении, контроле и прогнозировании природно-техногенных опасностей сейсмогенного генезиса и риска их воздействия на природные и хозяйственные объекты, должен основываться на системном подходе.

Такой подход, позволяющий при изучении рассматривать оползневой процесс как многофакторную систему, элементы которой тесно связаны и взаимообусловлены, позволяет оценить возможную изменчивость главных ущербобразующих факторов, способствующих негативному воздействию вторичных сейсмогенных процессов, сейсмогравитационных и антропогенных процессов на инфраструктуры населенных пунктов и линии жизнеобеспечения населения.

Отечественный и международный опыт показывает, что каждое сильное землетрясение сопровождается вторичной активизацией экзогенных процессов, особенно оползней.

В последнее двадцатилетие на Малом Кавказе и сопредельных территориях Ирана и Анатолии произошли крупные оползневые катастрофы во время сильных землетрясений. Так, на территории Армении после разрушительного Спитакского землетрясения произошли оползневые смещения ранее устойчивых склонов у ст. Агарцин (Тавушская область) и у ст. Кобер (Лорийская область); большинство разрушений от землетрясения в Раче (Грузия, 1991г.) вызваны оползнями. Оползни привели к значительному разрушению инфраструктур населенных пунктов при Рудборском (Иран, 1990г.) и Измирском (Турция, 1999г.) землетрясениях.

Все это ставит сейсмические воздействия на одно из первых мест в реестре факторов (индикаторов) оползневой опасности в РА.

Несмотря на отсутствие в современной и зарубежной практике надежного краткосрочного прогноза активизации оползней, следует признать, что в своей основе оценка оползневого риска заключается в решении прогностического предсказания вероятности и последствий оползневой опасности.

Одним из основных методов оценки оползневого риска сейсмогенного генезиса, используемых в Армении, является сопоставление процессов оползневых катастроф из зарубежной практики с оползнями на территории Армении путем сравнения различных оползневых параметров – объема, градиентов, генезиса (Караханян и др., 2000) геотехнических и геодинамических характеристик, подбираются подобные примеры (методы подобия и оползневого потенциала) из мировой и отечественной практики уже

произошедших оползневых катастроф, и на этой основе оценивается опасность и риск для армянского аналога.

В литературе (Караханян и др., 2000) отмечается различие и сопоставимость между оползневой опасностью с оползневым риском:

Опасность определяется как динамическое явления само по себе – сейсмическое воздействие, подвижки в зонах активных разломов, обводнение грунтов, срыв оползня, своевременное информирование о которых составляет базис опасности.

Риск – это вероятность человеческих потерь и ущербов, которые могут являться результатом реализации опасности. В случае рассмотрения оползневой опасности, если отсутствует угроза для жизни людей и поражения территорий и хозяйственных объектов (инфраструктур), то риск нулевой, как бы ни была велика опасность. К примеру, гигантский оползень в пустыне Гоби (Монголия) (Philip, Ritz, 1999) не причинил ущерба и не вызвал человеческих жертв, несмотря на то, что объем сместившихся масс составил 50 млрд. м³ грунта, а магнитуда землетрясения достигала 8, тогда как известный оползень в Вайонте (Италия, 1963г.) привел к смещению в объеме 360 м³ грунта и лишил жизни около 3000 человек, а также причинил серьезный ущерб инфраструктурам.

Достоверность оценки риска в большей степени зависит от статистической представительности информации. Выделяются три основных компонента оценки риска, каждый из которых представляется качественно и количественно (Кобури и др., 1994).

- **Вероятность природной опасности** для конкретного района, территории, объекта.

- **Объекты, подверженные риску** – идентификация возможных потерь среди населения, разрушений инфраструктуры и объектов жизнеобеспечения с определением (при возможности) экономической стоимости.

- **Уязвимость** – степень повреждения объектов, сооружений и потерь среди населения в случае экстремального развития события.

Представление результатов оценки оползневого риска осуществляется в виде графиков подверженности и частоты событий в сопровождении таблиц, отражающих характер поражения территорий и объектов, подвергшихся опасному природному процессу, а также картографического распределения риска

В этом направлении следует отметить работу НИК «Геориск», выполненную под патронажем Армянского отделения United Nations, в которой, практически впервые, рассмотрены факторы сейсмогенного влияния на оползневую опасность, методы количественной оценки оползней различного генезиса и механизма проявления, прогноза площади развития, скорости смещения и дистанции смещения, углов наклона склона и др. Важное значение придается сопоставлению расчетных значений устойчивости склонов с учетом сейсмического воздействия и без него, что подчеркивает значимость сейсмического влияния на устойчивость склонов. Рассматривается сеймотектоническая модель сейсмического воздействия на оползень в виде подвижек по активному разлому, проходящему через оползнеопасную зону (Караханян и др., 2000). Парагенетическая комбинация двух геологических структур оползень-разлом повышает степень оползневой опасности, что доказано мировой практикой.

Парагенетические структурные комбинации оползень-разлом очень характерны для горных стран, в том числе и для Армении. Происхождение многих армянских оползней связано с этим фактором. При этом не обязательно возникновение землетрясения с предельно большими магнитудами и расположением эпицентра сейсмического воздействия на рассматриваемой территории. Опыт появления оползней на территории Армении подвержен факторам произошедших землетрясений на территориях сопредельных государств, когда до отдельных ее территорий сейсмическое воздействие достигало магнитуды 2,5-3,5.

Заслуживает внимания механизм оценки оползневой опасности и риска активизации процессов на тестовом участке Дилижанской группы оползней. Рассмотрены современная

гическими воздействиями, прогноз, риск.

§3. Оценка оползневой опасности и риска активизации процессов на тестовом участке Дилижанской группы оползней

3.1. Дилижанская группа оползней расположена в Тавушской области РА, на территории города Дилижана и вдоль авто-железнодорожной трассы Иджеван-Раздан у с.Агарцин (общая площадь поражения территорий – 16 км²).

По структурно-генетическому типу Дилижанские оползни являются многоярусными оползнями скольжения, выдавливания и комплексного типа. Эта группа оползней представляет собой типичные сейсмогенные оползни-гиганты, сочетающие импульсную подвижку во время сильных землетрясений с медленными (криповыми) движениями в интервалах между землетрясениями.

3.2. Геодинамические факторы активизации

Дилижанская группа оползней расположена на расстоянии 5км к северу от Памбак-Севанского разлома. Этот разлом неоднократно генерировал сильные землетрясения с $M \geq 7.3$. Поле напряжений на участке г.Дилижана и его окрестностей показывает преобладание сжатия в меридиональном направлении и растяжений – в широтном. Следовательно, геодинамическим фактором, обуславливающим образование Дилижанской группы оползней, может являться широкое растяжение и сильное сейсмогенное воздействие от Памбак-Севанского активного разлома.

3.3. Геотехнические факторы активности

В геологическом строении Дилижанских оползней принимают участие магматические, метаморфические и осадочные породы, перекрытые четвертичными образованиями.

Покровные образования сложены склоновыми отложениями суглинков, глин, супесей с включением щебня.

Оползневые процессы развиты в основном в отмеченных комплексах пород, при этом гравитационное смещение крупных блоков и рыхлых масс (глубокие оползни скольжения) происходит, как правило, с захватом приповерхностных частей коренных образований склона Дилижанской толщи, в то время как для мелких оползней характерно развитие в покровных отложениях. Сейсмогравитационные оползневые тела сложены неоднородными по размеру и составу обломочными глыбовыми образованиями, местами с включением сорванных крупных (до 500м³) блоков скальных пород (андезитов, дацитов) с зонами смятия и зеркалами скольжения. Суммарная мощность этих сейсмогенных образований достигает 120м и более. Криповые небольшие оползни состоят из элювиально-делювиального материала мощностью до 25-30м.

Грунтовые воды имеют сложный характер циркуляции. Часть грунтовых вод разгружается в виде сезонных малобежитных родников (0,1-0,2л/сек.), другая часть разгружается в реки Овджур и Агстев с дебитом 0,29-1,76 л/сутки, а для крупных сейсмогенных оползней – 6,9л/сутки.

3.4. Гидрометеорологические факторы активизации

Климат Дилижанской котловины характеризуется ярко выраженной вертикальной поясностью. Среднемесячная температура воздуха летом колеблется от +18⁰С в нижнем поясе и до +14⁰С – в привершинном. Среднемесячная температура зимой – 0⁰ в долиненной части и до -8⁰ – в привершинной. Годовая сумма атмосферных осадков составляет 700мм в привершинной области и до 500мм - в долиненной части.

Средняя высота снежного покрова колеблется от 10 см в долиненной части и до 50 см в вершинном поясе.

достаточно высокая влажность и наличие значительного количества атмосферных осадков, что способствует повышению активности оползневых и селевых процессов.

3.5. Антропогенные воздействия

Оползни города Дилижан и его окрестностей подвергаются интенсивному антропогенному воздействию. Перегрузки оползневых склонов крупными многоэтажными зданиями и подрезка склонов автодорогами и трассой железной дороги Иджеван-Раздан приводит к активизации оползневых процессов. Особенно большое влияние оказывают разрушенные и неисправные системы водоснабжения, канализации и ливнеулавливающая система города. Многочисленные водосборы, канализационные колодцы, ливнеотстоки и трубы повреждены и постоянно переувлажняют оползневые склоны, что приводит к активизации экзогенных процессов. В последние годы на повышение оползневой опасности серьезное влияние оказывает обильный нерегулируемый полив приусадебных участков, расположенных как в черте города, так и выше по склонам. Оползневой и селевой опасности способствует и сильно возросшая за время энергетического кризиса вырубка лесов на оползневых склонах выше г. Дилижана.

3.6. Современная активность экзогенных процессов

Дилижанские оползни проявляют интенсивную современную криповую активность. Особенно высокий уровень активности зафиксирован начиная с 1976г. и после 1988г., что вполне соответствует импульсному воздействию Чадранского землетрясения 1976г. в Турции ($M=7,3$) и Спитакского землетрясения 1988г. ($M=7,1$).

Оползневая активность распределяется по отдельным локальным оползням и различна для каждого из них.

3.7. Оценка опасности и риска

Расположение довольно крупного города с населением 24 тыс. человек полностью на активном оползневом массиве является фактором опасности и риска, которые возрастают в связи с близостью (5 км) к зоне активного в Армении Памбак-Севанского разлома, неоднократно генерирующего сейсмические воздействия, сопровождающиеся активизацией и сходом оползней.

Для более детальной оценки опасности и риска территории Дилижанской группы оползней рассмотрим оползень, расположенный в центральной части города.

Оползень расположен на высоте 1400м над уровнем моря, длина его превышает 800м, ширина – 700м, площадь – 0,4 км², объем – 90 млн. м³. В пределах оползня расположены здание мэрии, дом культуры, школа, кинотеатр, полиция и почта города, а также универсам и жилые дома. В зону влияния оползня следует включить и трассу (тоннели 2, 9, 4 забоев) железной дороги Иджеван-Раздан. Подвижки оползня фиксируются по свежим заколам, образовавшимся в тылу скарпа стенки отрыва оползня, а также по многочисленным участкам «пьяного» леса. Активизация оползня привела к полному разрушению нового здания крытого рынка, многочисленным повреждениям здания кинотеатра, школы и дома культуры, связанными с проседанием и деформациями грунтовых оснований. Для расчета устойчивости и прогноза перемещения оползня с учетом сейсмического воздействия принималось два значения (min и max) сейсмической опасности от воздействия Памбак-Севанского активного разлома – 0,3g и 0,55g.

3.8. Прогноз возможного перемещения активизирующегося оползня с учетом сейсмического воздействия

Поверхность рассматриваемого оползня обладает формой, близкой к окружности, что определило возможное использование для прогноза перемещения расчетом по Пособию 17-85/ВНИИГ и СНИП II-7-81 по формуле Терзаги.

Необходимые для определения перемещения массива моменты статических, активных, пассивных, инерционных сил определены из расчета устойчивости оползня, для чего были использованы физико-механические параметры грунтов. По результатам расчета

пределном состоянии в условиях отсутствия сейсмического воздействия.

Поскольку оползень находится в состоянии постоянного медленного движения, а также учитывая, что при динамическом воздействии сцепление связных грунтов имеет тенденцию к значительному снижению в сравнении со статичным значением, то при расчетах оно принято равным нулю, при угле внутреннего трения – $18,6^{\circ}$.

К оползневому массиву прикладывались сейсмические воздействия интенсивностью в $0,3g$ и $0,55g$ и определялся коэффициент устойчивости, который соответственно равнялся $0,465$ и $0,322$. Соответственно перемещение оползня при интенсивности сейсмического воздействия в $0,3g$ составил $31,57\text{см}$, а при $0,55g$ – $57,88\text{см}$. Если предположить, что продолжительность землетрясения – 6 сек., то за это время оползень может переместиться на величину, превосходящую величину его годового перемещения, что может привести к полному разрушению центра города и разрушению подземных сооружений по трассе железной дороги Иджеван-Раздан.

3.9. Рекомендации по взаимосвязи параметров количественной оценки оползневой опасности с интенсивностью сейсмического воздействия

Для оценки интенсивности сейсмических колебаний в точке потенциального оползнеобразования предлагается использовать диаграмму Рихтера, рекомендующего для расчета максимальной интенсивности сейсмических сотрясений в точке оползня использовать формулу Howwel (1973) для неглубокофокусных событий, характерных для территории Армении:

$$Y_{\max} = 2M - 4,6, \quad (9.1)$$

и формулу Шебалина (1978)

$$Y_0 = aM - b \log(\Delta^2 + h^2)^{1/2} + c, \quad (9.2)$$

где a , b и c для территории Кавказа определены соответственно $1,4$; $3,5$; $4,2$. Δ – дистанция до эпицентра, h – глубина гипоцентра.

Для оценки сейсмической интенсивности для территории оползня можно использовать уравнение Harp i Wilson (1995):

$$Y_0 = \pi/2 \int |a(t)|^2 dt, \quad (9.3)$$

где Y_0 – интенсивность, выраженная в единицах скорости (м/с), $a(t)$ – ускорение грунта.

Кеффер (1984) рассчитал зависимость максимального расстояния, на котором происходит смещение оползня, от магнитуды землетрясения, вызвавшего его. Это также позволяет количественно оценить максимальную дистанцию от оползня до зоны сейсмической активизации (разлом, эпицентр) с известной магнитудой.

Следует отметить, что во всех случаях срыв значительных объемов земляных масс обусловлен не только сейсмическим сотрясением, но и максимальной импульсной сейсмогенной подвижкой активного разлома, который проходит близ оползневого склона. Парагенетические структурные комбинации оползень-разлом очень характерны для горных стран, в том числе и для Армении. Как уже отмечалось, многие армянские оползни обязаны своим происхождением этому обстоятельству, поэтому приведенные варианты количественной оценки с эмпирической оценкой зависимости между энергией землетрясения, кинематикой активного разлома и амплитудой подвижек по поверхности имеют важное значение.

Известно, что прогнозирование динамики развития оползневого процесса, особенно в стадии активного проявления, как и обоснование оценки опасностей и рисков и последующей разработки превентивных мероприятий, невозможно без мониторингового контроля за изменчивостью параметров природной среды и оползнеобразующих факторов (Джрбабян и др., 1998; Караханян и др., 2000;).

Структура мониторинговой системы контроля за динамикой развития оползневой опасности и риска включает две основные подсистемы: информационно-измерительную (наземное экспериментальное и дистанционное зондирование) (ИИП) и информационно-управляющую (ИУП).

Организация и технология функционирования ИИП, проектируемой для оценки и прогноза оползнепроявления в Армении, достаточно подробно рассмотрены в ряде работ (Караханян и др., 2000; Степанян и др., 2001; Тер-Степанян, 1996). Однако, считаем необходимым рассмотреть и уточнение функционально-технологических и организационных задач, решаемых с помощью информационно-управляющей подсистемы мониторингового контроля.

4.1. Информационно-управляющая подсистема мониторинга.

Информационно-управляющая подсистема (ИУП) обеспечивает решение комплекса задач управления работой информационно-измерительной сети, сбора, передачи, накопления и обработки мониторинговой информации в системе.

Для ИУП характерны следующие функции:

- сбор и накопление информации, поступающей из информационно-измерительной сети;
- управление работой ИИП;
- обработка информации;
- математическое моделирование техно-природных процессов, прогноз развития экологической обстановки;
- накопление и архивация данных измерений и исследований по СП и результатов мониторинга, информационный поиск архивной информации;
- формирование, подготовка и выдача выходной документации (карт требуемого масштаба, паспортов СП, бюллетеней поэтапного развития опасных процессов, графиков, диаграмм и др.), обслуживание пользователей;
- взаимодействие с системами мониторинга других уровней (министерств и ведомств смежных областей).

Технология работы ИУП определяется технологическими особенностями работы ее отдельных функциональных блоков (Караханян и др., 2000;).

Блок сбора и пополнения информации является отражением основных функций ИУП. Если создаваемая система мониторинга оползневой опасности базируется на принципах адаптивности стандарта, то в ИУП заложены алгоритмы, благодаря которым система дает рекомендации или даже сама меняет свою структуру, что проявляется в изменении размещения измерительных звеньев и точек (створов) контроля, в изменении регламента работы измерительных звеньев, модификации обработки данных. Важнейшей функцией ИУП является модификация процедуры обработки данных. На основании анализа и оценки вновь поступающих в подсистему данных, может быть принято решение об изменении алгоритма обработки данных или каких-либо параметров, продиктованных оценкой ситуации, т.е. перехода на новый уровень значимости и обеспеченности результатов прогноза.

состояние факторов, влияющих на те или иные компоненты окружающей среды, систематических оценочных карт, создания графиков и факторов измерения контролируемых параметров в точках СП, статистическом анализе данных, учитывающих природные взаимосвязи между различными компонентами природной среды.

В Армении система обработки материалов (информации) базируется на ландшафтных взаимосвязях и согласованности конкретно зафиксированных контуров результирующих карт о состоянии рассматриваемых параметров, позволяющих своевременно отразить генерации шторм-предупреждения о скорости деформирования грунтовых оползневых масс.

4.2. Геоинформационная система – механизм накопления, анализа и оценки проявления оползневых процессов

Одним из наиболее перспективных путей построения систем обработки данных является использование геоинформационных технологий.

Геоинформационными технологиями называются компьютерные технологии анализа пространственно-координированных данных. Основное достоинство этого подхода заключается в оперативной обработке пространственно-распределительных данных. ГИС-технологии реализуются на основе специализированного программного обеспечения, получившего название геоинформационных систем (ГИС). Существует целый ряд геоинформационных систем (Arcinfo, Mirostatinfo, Spons, Mapinfo, Sintex, Geograoph и др.), отличающихся требующимися машинными ресурсами, форматами представления данных, разнообразием средств работы с растровыми данными и решения задач пространственного анализа.

Опыт работы в области геологической информации, накопленный в ИГН НАН РА (Авакян, 1992-1997), свидетельствует о необходимости построения такой системы в области исследования опасных экзогенных, в частности, оползневых процессов. В этом смысле весьма актуальной задачей представляется создание системы управления базой данных (СУБД). В конце 90-х годов прошлого столетия в Армении успешно была применена ГИС для геоэкологической оценки территории г. Еревана.

Одним из важных методических вопросов построения системы является конструирование банков данных (БД), заключающееся в разработке формы и языка представления рассматриваемого геологического пространства. Учитывая сложность состояния природного объекта (склона), подвергающегося воздействию экзогенного процесса, в Армении этот вопрос был решен путем разработки унифицированного паспорта оползневого склона в целом и оползневого тела в частности (Караханян и др., 2000).

Одновременно авторами были разработаны механизмы формализации картографических материалов: карт, литологических и структурных разрезов, колонок разведочных скважин и др.

Накопленный в Армении опыт использования ГИС-технологий в реальной и прогнозной оценке состояния СП, подверженных воздействию экзогенных процессов, позволил типизировать процедуры, реализуемые ГИС по следующим основным направлениям:

- типизация карт;
- вызов карт по изучаемому выбранному объекту (зоне повышенного риска);
- визуализация фотографий и точек данных по условиям на фактографическую информацию по графическим условиям;
- районирование СП по точечным данным и процедура наложения слоев;
- синтез новых карт на фактографической и зондировочной основе;
- синтез производных баз данных;
- статистическая обработка;

- построение градиентов по картографическим и фотографическим данным и их анализ;
- ручное редактирование карт (контуры, цвета, подписи);
- сохранение созданных и производных баз данных;
- генерация отчетов (текста).

Особо следует остановиться на механизме формирования информационных слоев, образующих информационную систему ГИС. Геоинформационная база данных в системе мониторинга должна содержать следующие группы информационных слоев (Караханян и др., 2000):

- природные условия (условно постоянная информация): рельеф территории, геологическое строение, подземные воды, гидросеть и др.;
- источники техногенных воздействий, населенные пункты, транспортные коммуникации, искусственные сооружения, крупные и ответственные промышленные и сельскохозяйственные комплексы;
- текущее состояние контролируемых компонентов природной среды и динамических техногенных воздействий (реальные и в историческом плане);
- прогнозируемое состояние комплексов природной среды и динамических технических воздействий;
- карты динамики контролируемых процессов (скоростей и векторов смещения грунтовых масс, обводнение территорий СП и др.).

Технология обработки дистанционных данных в системе мониторинга требует оперативности, поэтому она базируется на использовании компьютерных средств. В Армении обработка данных зондирования довольно эффективно и успешно используется в работах НИК «Геориск» (Караханян А.С.), реализующих программные средства Adobe Photoshop, Corel Draw и др.

Обработка материалов включает *первичную обработку и тематическую интерпретацию данных*.

Первичная обработка охватывает процесс трансформации снимков и размещения их на топооснову, создание синтезированных материалов, геодинамическую коррекцию, коррекцию топокарт с целью устранения ошибок копирования исходных материалов.

Тематическая интерпретация включает получение информации о состоянии процесса (на конкретных СП) и заключается в реализации следующих процедур:

- визуализация изображений материалов дистанционных съемок и карт с требуемым увеличением;
- создание синтезированных карт и снимков;
- логических операций над изображением в разных спектральных диапазонах;
- визуализация точек опробования (мест отбора проб грунта и воды, измерений смещения и др.) и поддержка базы данных по параметрам контроля;
- статическая оценка взаимосвязей между материалами съемок в разных спектральных диапазонах и разных сроках;
- фильтрация изображений;
- оконтуривание однотипных полей (векторизация) для передачи картографических данных в ГИС.

Особым блоком ИУП является блок моделирования и прогнозирования развития контролируемого опасного оползневого процесса. Его задачами являются прогнозирование различных вариантов развития контролируемого процесса, прогноз при различных сценарных воздействиях на процесс выполнения опасных факторов его развития.

Фактически, этот блок является специфическим видом компьютерной обработки информации, решающим рядом задач:

- оценка и прогноз динамики геоэкологической обстановки в автоматическом режиме;

ускоренного развития событий;

- задачи экспертного плана, в которые входят: оценка последствий реализации противооползневых мероприятий, решение обратных задач по выявлению факторов и источников негативного развития, процесса принятия тех или иных управляющих решений инженерной защиты территорий от оползнепроявления.

С помощью ГИС формируется постоянно действующая модель, предусматривающая решение задач прогноза развития оползнепроявления в заданном режиме на ЭВМ.

Постоянно действующая модель состоит из трех основных блоков: входной информации, прогнозно-функциональной и выходной информации. На рис. 92 приведен пример структурно-функциональной схемы постоянно действующей модели оползней.

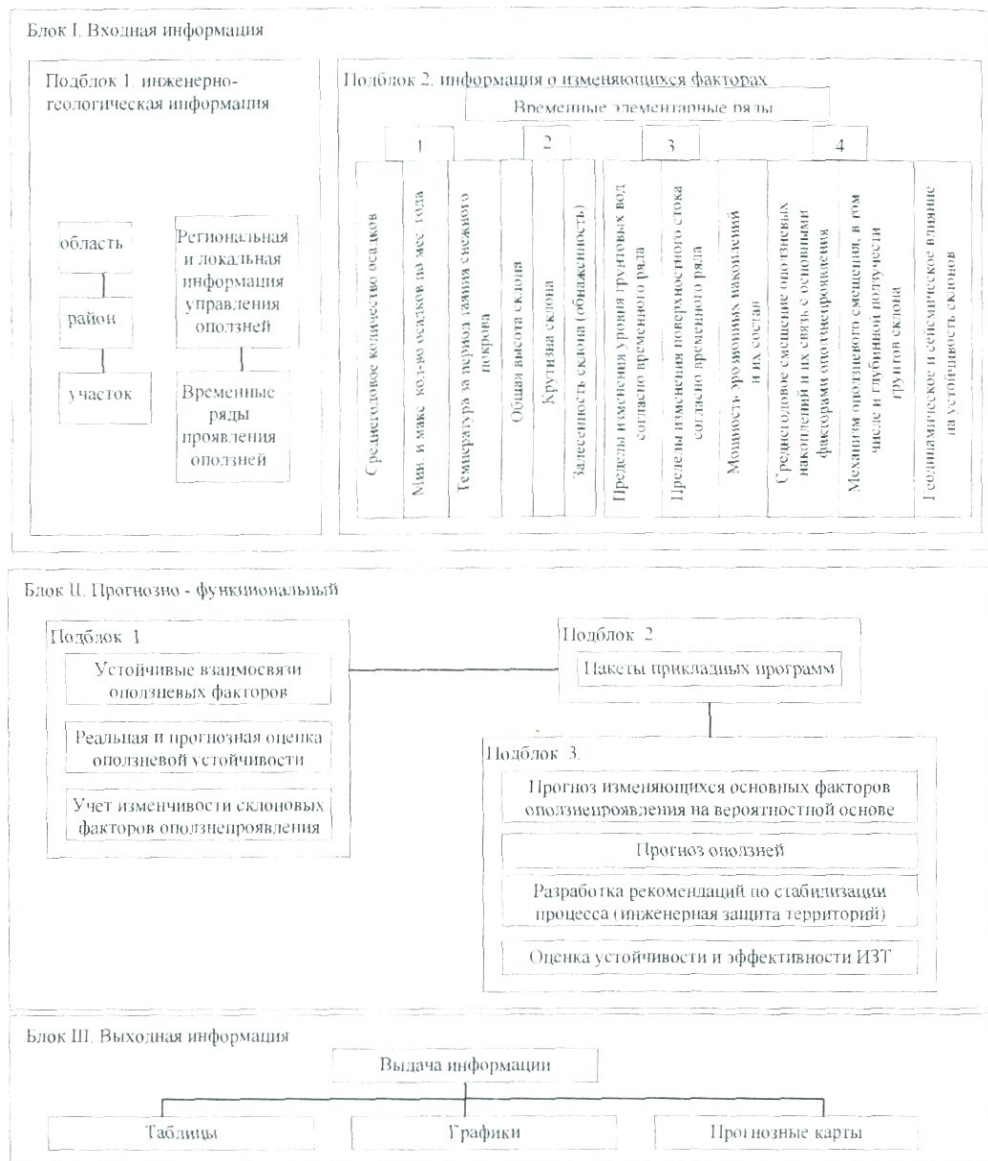


Рис. 92. Структурно-функциональная схема постоянно действующей модели прогноза оползней

Блок входной информации формируется из общего банка данных, отражающих параметры медленной и быстрой изменчивости факторов оползнепроявления, необходимых для решения прогнозных задач. Основным и ответственным блоком является второй, в котором при помощи соответствующих программ осуществляется обработка данных о проявлении оползневых смещений и обуславливающих их факторов, выявляется гармоника разных параметров, характеризующих активность проявления этого опасного процесса, а также оценивается реальное и прогнозное состояние склона.

В этом блоке на основе учета механизма оползневого смещения и всех оползнеобразующих факторов производится расчетная оценка устойчивости склонов (K_y) на разных этапах развития процесса.

Блок программно-математического обеспечения является основой функционирования информационно-прогностической системы. Разнообразие программ и математическое совершенство их алгоритмов определяет уровень автоматического управления системой.

Среди многочисленных методов для определения устойчивости откосов выделяются следующие:

1. методы, основанные на предположении о том, что оцениваемый откос (склон) находится в предельно напряженном состоянии;

2. расчет устойчивости откосов, когда по геологическим данным может быть установлена поверхность смещения;

3. расчет устойчивости склонов, когда предполагаемые поверхности смещения, как правило, принимаются круглоцилиндрическими.

При использовании методов первой группы предполагается, что во всех точках откоса достигается предельное напряженное состояние.

В этом случае математическая модель объединяет уравнение равновесия с условием предельного напряженного состояния применительно к деформациям сдвига.

Если откос находится под действием собственного веса пород, а условия предельного состояния определяются законом Кулона, то математическая модель (для плоского случая) будет иметь вид:

$$\frac{\partial \tau_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = 0; \quad \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_y}{\partial y} = \gamma_y, \quad (1)$$

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2 = (\sigma_x - \sigma_y + 2c \operatorname{ctg} \alpha)^2 \sin^2 \alpha \quad (2)$$

где: ∂_x , ∂_y , τ_{xy} – действующие в откосах напряжения; γ_y – удельный вес; c – сцепление;

α - угол внутреннего трения пород, слагающих склон.

Решение этой математической модели путем численного или графического интегрирования системы уравнений (1) позволяет определить конфигурацию склона, находящегося в предельном состоянии при заданной нагрузке.

Расчеты второй группы (2) применяются, когда по данным геологической разведки удается установить вероятную поверхность смещения, обусловленную наличием в откосах напластования пород, четкого разграничения слоев и наличия глинистых или других ослабленных слоев.

Расчет устойчивости откосов при круглоцилиндрической поверхности смещения наиболее широко применялся в Армении при оценке оползневой ситуации на территории республики [Арминжпроект (1989-2004); ИГН НАН РА (1986-2001) и др.]

Расчет устойчивости откосов по этому методу сводится к отысканию (путем подбора и обратных расчетов) наиболее опасной поверхности смещения. Для расчета в рассматриваемом откосе проводится потенциальная поверхность оползания, близкая по форме к круглоцилиндрической, которая выделяет в откосе тело возможного оползня. Последний разбивается, как правило, вертикальными плоскостями на несколько расчетных

отсеков, в пределах каждого из которых определяется соотношение сдвигающих и удерживающих напряжений вдоль потенциальной поверхности скольжения путем алгебраического (реже геометрического) суммирования по всем отсекам.

По этой формуле, вытекающей из равенства нулю суммы моментов, действующих на оползающий блок, рассчитывается коэффициент устойчивости оползающего блока:

$$K_{уст} = \frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i \operatorname{tg} \alpha_i + c_i l_i)}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (3)$$

где: $K_{уст}$ – коэффициент устойчивости откоса (склона); ω_i и T_i – нормальная и касательная составляющие сил вдоль расчетной поверхности скольжения (смещения) в пределах i -ого блока; α_i и c_i – угол внутреннего трения и сцепления пород зоны скольжения; l_i – длина участка кривой скольжения.

Гидростатические и гидродинамические силы и сейсмическое воздействие при расчетах устойчивости, основанные на предположении о предельном напряженном состоянии откоса, учитываются в исходных дифференциальных уравнениях. При расчетах по системе плоских или круглоцилиндрических поверхностей смещения фильтрационные силы рассчитываются интегрированием по величине и направлению в пределах выделенного откоса, исходя из удельной их интенсивности, или замещаются эквивалентными контурными силами, приложенными вдоль границ откоса. При практических оценках в Армении (Одзун, 1993; Агаршин, 1995) используется эффективный метод, когда действующие на каждый отсек объемные гидростатические (взвешивание) гидродинамические силы на основе известной теоремы Гаусса-Остроградского (3.) могут быть сведены к некоторой контурной силе, которая получается путем геометрического суммирования нейтрального давления вдоль поверхности оползания, перпендикулярно к которой они ориентированы в пределах рассматриваемого отсека. При этом в расчет вводятся все породы вместе с заключенной в нее водой.

Формула расчета коэффициента устойчивости откоса с учетом гидростатических и гидродинамических сил примет вид:

$$K_{уст} = \frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i - \Phi_i) \operatorname{tg} \alpha_i + c_i l_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (4)$$

где: силы ω_i и T_i подсчитываются как составляющие веса пород в пределах отсека вместе с заключенной в нее водой, а силы Φ_i определяются по формуле:

$\Phi_i = \gamma_w (H_i - Z_i) \frac{1}{l_i}$, где: γ_w – удельный вес воды; $H_i - Z_i$ – пьезометрической уровень, усредненный вдоль участка контура l_i .

При учете сейсмической силы в процессе расчета коэффициента устойчивости, когда задача является объемной, допускается, что она горизонтальна и имеет наиболее неблагоприятное направление – во внешнюю по отношению к откосу сторону.

Величина этой силы, приложенной к единице объема, определяется из соответствия $\gamma_c = h_c \gamma$, где h_c – коэффициент сейсмичности, который определяется в зависимости от сейсмичности территории, выраженной в баллах или сейсмических ускорениях (рис. 93).

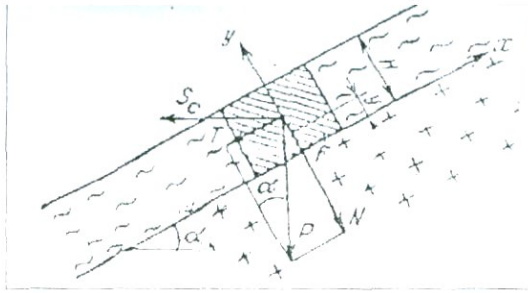


Рис. 93. Примерная схема для определения скоростей смещения вязко-пластического грунта по наклонной плоскости (Месчан, 1997)

Равенство коэффициента устойчивости оползнеопасного склона $K \geq 1$ не означает неподвижность грунтовых масс по наклонной плоскости. Они подвержены значительным, часто недопустимым, деформациям как за счет сдвиговой ползучести глинистых прослоев, так и всей толщи вязко-пластических грунтовых масс. Решение задач об определении скоростей смещения вязко-пластического грунта по наклонной плоскости (рис. 93) с учетом линейного закона Ньютона производится по формуле:

$$\tau = \eta_v \cdot \frac{dy_t}{dt} = \eta_v \cdot \gamma = \eta_v \cdot \gamma_y = \eta_v \cdot \frac{dv_y}{dy}, \quad (5)$$

а во второй стадии деформирования - законом вязко-пластического течения Бингама

$$\tau = \tau_{sp} + \eta_v \frac{dy_t}{dt} = \eta_v \cdot V_y = \eta_v \cdot v_y = \eta_v \cdot \frac{dv_y}{dy}, \quad (6)$$

впервые использованным Н.Н.Масловым (1952-1977). Решение тех же задач при учете изменчивости коэффициента вязкости η_v (коэффициент течения K_v) по глубине толщи под действием собственного веса грунта и нелинейной зависимости между постоянными напряжениями и скоростями течения выполнено С.Р.Месчаном (1997).

В частности, при учете линейной деформации течения и изменчивости ее скорости во времени, по специальному закону для V_y получено следующее выражение:

$$V_y = A_2 t^{-m} \left[H^{n-1} - (H - y)^{n-1} \right], \quad (7)$$

где: A_2 , m и n – параметры, определяемые из опыта.

Все перечисленные выше методы определения устойчивости склонов и откосов грунтовых сооружений оценивают приближенно для некоторого момента времени, для некоторого конкретного соединения, соответствующего моменту отбора образцов грунта и склона, подверженного оползневному воздействию, и определения их прочностных свойств. Это означает, что с помощью перечисленных методов представляется **краткосрочный прогноз** (Межгосударственная программа..., 2006) устойчивости склона. Отсутствует учет важного фактора – реологии.

Совершенно очевидно, что для осуществления прогноза длительной устойчивости склонов в каждом конкретном случае необходимо определение их напряженного состояния и решение задачи реологии грунтов с привлечением всего теоретического арсенала механики твердого деформируемого тела. Это позволит определять не только деформацию склонов и откосов, скорость их деформирования, но и прогнозировать время исчерпания прочности (сопротивления сдвигу) глинистых грунтов – время недопустимых деформаций с нарушением или без нарушений их сплошности, что на сегодняшний день является наиболее важной проблемой устойчивости склонов. В настоящее время в связи с развитием компьютерных технологий все расчеты, связанные с определением устойчивости склонов, выполняются на ЭВМ по специально составленным программам. Эти программы учитывают не только плоский, но и пространственный характер, что позволяет

существенно повысить достоверность расчетов и их соответствие реальным природным условиям.

В ГИС системе экспертная оценка устойчивости оползнеопасных склонов, разработанная в ССА РА (Авакян А.А.), решается по специальным блокам программ, среди которых важная роль отводится вычислительным программам.

В этом блоке рассмотрен ряд алгоритмов компьютерных программ, реализованных в ряде крупных центров инженерно-геологических исследований разных стран (Степанян и др., 2008).

Следует заметить, что практически все методы основаны на теории равновесия сил и моментов, что предусматривает решение двух уравнений, одно – удовлетворяющее равновесию сил, другое – равновесию моментов. Общим для всех методов является определение направления и величины оползневых (interslice) сил. В то же время, основные способы определения и приемлемые допущения при этом значительно отличаются. Прежде всего это касается допустимости формы поверхности смещения. Рассматриваются модели с цилиндрической поверхностью скольжения и комбинированный вариант (сочетание цилиндрической и плоскости произвольной поверхности в сочетании с ломаным очертанием, создаваемым координатами профиля поверхности смещения).

В заключение следует отметить, что использование ГИС-технологий в качестве механизма качественной и количественной оценки оползневой опасности и риска в Армении, отраженных в работах (Варданян и др., 1992; Джрбашян и др., 1998; Степанян и др., 2008; JICA Study Team. Landslide Disaster Management in the Republic of Armenia. Landslide Inventory Survey, 2006) позволяет эффективно, достоверно и своевременно решать проблемы стабилизации и предотвращения оползневых рисков путем сбора, хранения, периодического пополнения и отображения географических данных и опасности геотехнического изменения состояния природных склонов.

Среди основных достоинств использования ГИС следует выделить систему обработки и анализа данных мониторингового контроля за изменчивостью свойств природно-техногенной системы (ПТС): материалов наземных топографических и инженерно-геологических съемок, данных режимных наблюдений, фототеодолитных, фотографических съемок и дистанционного зондирования; системы оцифровки и анализа данных изменчивости рельефа, орографии, водных бассейнов, административного деления территории Республики, населенных пунктов, промышленных объектов и природных зон распространения оползнеопасных грунтов (насыпных, засоленных, просадочных, набухающих, суффозионных и др.), численности и плотности населения, вредных и опасных производств, захоронений химически опасных отходов, территорий, подверженных повышенному выпадению атмосферных осадков; данные по оценке оползневой, сейсмической и геодинамической опасности и риска – факторов активизации оползнепроявления, полевым натурным изысканиям и исследованиям геотехнических параметров.

Для проведения подобных исследований и реализации ГИС по оценке оползневой опасности и риска на тестовых региональных и локальных участках (Джрбашян и др., 1998) создавалась компьютерная база данных (паспорт), включающая следующую информацию:

- изученность;
- генетический и структурно-механический тип оползня;
- геотехнические (литолого-гидрогеологические), эрозионные и гравитационные факторы оползневой активизации склонов;
- геодинамические (эндогенные) факторы активизации;
- гидрометеорологические (климатические) и гидрологические факторы активизации;
- историко-архивные данные по изысканиям и исследованиям прошлых лет по активизации оползней по времени и месту;

- антропогенные воздействия;
- современное состояние и уровень активности, прогноз экстремального развития на основе мониторинговых режимных наблюдений и дистанционного контроля;
- оценка опасности и риска, в том числе и возможного катастрофического сценарного развития оползневых процессов.

Следует отметить работу НИК «Геориск» по созданию геоинформационной системы комплексной оценки риска от оползневой опасности территории Республики Армения, выгодно отличающейся рядом позиций от предшествующих разработок (Джрбашян и др., 1998).

Созданные авторами в формате GIS с использованием программы ID RIST Mapinfo, Surfcz и Carta Linx базы данных по оползневой опасности и риску на территории РА включали:

- трехмерную цифровую модель рельефа местности (ДЕМ) территории Армении, созданной компьютерной программой GIS ID RIST на основе карты М1:200000;
- электронную карту оползневой опасности территории Республики Армения того же масштаба;
- цифровую карту сейсмической опасности территории РА;
- цифровые карты атмосферных осадков, расположения объектов промышленности, искусственных сооружений (плотин, водохранилищ, объектов жизнеобеспечения), вредных производств, сельскохозяйственных объектов, автомобильных и железных дорог (риск разрушения), численности и плотности населения (риск человеческих жертв) и др.;
- информация по наиболее опасным районам республики, территория которых поражена оползневым проявлением.

Отличительной особенностью ГИС НИК «Геориск» является: возможность визуализации любого требуемого ракурса изучаемого объекта; построение разрезов рельефа и уточнение инженерно-геологических условий, структурно-литологических и геотехнических данных; получение любых пространственных данных (в том числе по географическим координатам и различным геометрическим параметрам). Особо следует отметить выполненное в результате исследований районирование территории республики по степени оползневой опасности. Было выделено четыре уровня и соответствующие зоны вероятности оползнепроявления разной степени опасности и масштабности, расположенных по возрастающей.

1. Первая зона опасности – территория развития оползневых процессов (древних, временно стабилизированных, проявляющих признаки возможной активизации).

2. Вторая зона опасности – территория развития криповых смещений грунта на склонах.

3. Третья зона опасности – территория развития интенсивных оползневых процессов. Завершение аккумуляции оползневых материалов в зоне смещения, нагрузки склонов и др.

4. Четвертая зона опасности – территория развития крупных сейсмогенных и наиболее опасных оползней.

Районирование по степени опасности позволило сформировать оценку оползневого риска (опасности разрушения и возможных человеческих жертв) в картографическом плане (М1:200000) и табличной форме (табл.30).

Таблица 30.

Районирование по степени опасности и оценке оползневого риска

Зоны оползневой опасности	Населенные пункты		Общее число населения		Территория	
	количество	%	количество	%	км ²	%
Все зоны в целом	216	22,0	1174387	30,86	9018	30,3
Первая зона	172	18,2	990932	26,0	7408	24,9
Вторая зона	4,0	0,42	4266	0,11	263,7	0,9

Третья зона	33	3,5	176069	4,6	1148	3,7
Четвертая зона	7,0	0,74	3120	0,08	239,1	0,8

Несомненно заслуживают внимания сопоставительные операции в рамках ГИС цифровых карт: оползневой опасности, трехмерной модели с картографической информацией условий расположения населенных пунктов и городов, численности и плотности населения, уровней гидрометеорологических воздействий. Для наглядности приводим пример (табличная форма) оценки оползневой риска с учетом таких интегральных параметров, как сейсмическая опасность ($G = 0,2 \div 0,4$) и численность населения (в душах и %) в пределах всех четырех зон оползневой опасности и по территории республики в целом (табл. 31). В таблице 32 приводится фрагментарная оценка оползневой опасности по зонам 1 и 2 для конкретных населенных пунктов.

Таблица 31.

Характеристики сейсмичности оползневых зон

Зоны оползневой опасности	0,2g		0,3g		0,4g	
	количество жителей	%	количество жителей	%	количество жителей	%
Все зоны в целом	72300	1,9	558199	14,7	543885	14,3
Первая зона	58786	1,54	399120	10,5	533026	14,0
Вторая зона	9806	0,26	157426	4,1	8836	0,23
Третья зона	3710	0,1	556	0,01	0	0
Четвертая зона	0	0	1097	0,03	2023	0,05

Таблица 32.

Фрагментарная оценка оползневой опасности

Населенные пункты	Население	Оползневые зоны
Акпер	12600	2
Артижазд	512	1
Анкаван	101	1
Джермук	8170	1
Канакераван	3654	1
Каранамб	757	1
Ваагни	1315	1
Верашен	2450	2

Рассмотренная работа позволила авторам создать компьютерную базу данных по оползневой опасности и рискам территории РА и успешно реализовать эти наработки в рамках совместных армяно-японских исследований по инвентаризации (2003-2004гг.) оползней и оползневой опасности в республике, послужившей обоснованием для детальных исследований и разработке мероприятий инженерной защиты по стабилизации конкретных оползней.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПОЛЗНЕЙ АРМЕНИИ

§1. Общие замечания

Региональные исследования оползневых процессов: районирование территории по оползневой опасности, изучение оползневых районов, региональное определение устойчивости склонов и риска оползнепроявления и оползневых тел являются одним из ответственных задач инженерной геологии и инженерной геофизики. Сложность в изучении оползнеобразования с помощью инженерной геофизики определяется рядом факторов: рельефом местности, нарушением естественных условий изучаемой среды, экзогенными процессами, изменчивостью физико-механических свойств и т.д.

Для изучения устойчивости склонов, прогноза активизации оползневых процессов, динамики развития оползня большое значение имеют геофизические методы исследования. Эти методы применяются на всех этапах изучения оползней, независимо от их генезиса и позволяют решать структурно-литологические, гидро-геологические, инженерно-геологические и сейсмологические задачи. В частности, они применяются для выяснения наличия тектонических разломов, расчленения геологического разреза, установления возможной и действующих поверхностей скольжения, определения физико-механических параметров, физических свойств пород, уровня грунтовых вод, их изменения во времени и ряда других задач (Горяинов, 1971, Огильви, 1990 и др.).

Преимуществом и приоритетностью геофизических методов исследований является то, что они охватывают значительные по масштабу территории, отличаются значительной эффективностью (по времени и затратам) при достаточно надежной достоверности результатов исследований. Инженерная геофизика рекомендуется для определения на любом этапе (районирование, схема инженерной защиты, разработка мероприятий инженерной защиты территорий оползневого склона, мониторинговый контроль за работой природно-технической системы и др.). Нередко геофизические методы рекомендуются и к использованию в качестве опережающих при исследовании оползнепроявления на склонах и как основной метод.

В зависимости от стадии изучения, сложности геологического строения района, поставленной задачи применяются один, а чаще всего комплекс геофизических методов исследований. На практике широкое применение нашли сейсмометрические и электрометрические методы исследования. При решении специфических задач главенствующими могут являться и другие методы исследований. Так, в ряде случаев при картировании тектонических разломов и трещин роль магнитометрических исследований увеличивается, а при определении влажности и объемной массы пород применяются радиоизотопные методы (Горяинов, 1971).

В условиях Армении, где развиты почти все генетические виды оползней, широкое применение получили электрометрические и сейсмометрические методы исследований, реже – магнитометрия и эманиционная съемка (Аджимамудов и др., 1984; Азарян и др., 2005а; Огильви, 1990 и др.).

Предпосылка применения геофизических методов исследований определяется необходимостью дифференциации горных пород, слагающих оползнеопасные склоны в плане и по глубине, по физическим свойствам, зависимостью значений физических свойств одних и тех же пород от конкретных физико-геологических условий физико-геологической модели (ФГМ). На оползневых участках физические свойства помимо прочих факторов зависят также от напряженно – деформационного состояния как древней, так и вновь образовавшейся оползневой массы, изменения гидро–

В данной главе использованы материалы исследований Института геофизики и инженерной сейсмологии АН АрмССР, выполненных в 80-е годы XX века, геологического факультета Ереванского государственного университета, Государственного проектно-исследовательского института "Арминжпроект" Госстроя АрмССР, а также лично Д.А.Хачатряна.

§2. Электрометрические методы исследования

Предпосылкой применения электрометрии для решения геологических, инженерно – геологических, гидрогеологических задач, вообще, и для изучения оползневых явлений, в частности, является дифференциация пород по электромагнитным свойствам и зависимость их величин от физико-геологических условий изучаемого участка.

Электромагнитными свойствами, изучаемыми в электрометрии, являются удельное электрическое сопротивление ($УЭС$) – ρ , поляризуемость – π , относительная диэлектрическая – ϵ_0 и магнитная – $\mu\mu$ проницаемости, электрохимическая естественная активность – a .

Электромагнитные свойства пород зависят от генезиса, минералогического состава, пористости, трещиноватости, влажности и влагонасыщенности, концентрации солей в жидкостях, условий и глубин залегания, температуры и ряда других факторов и изменяются в широких пределах.

При изучении оползневых процессов с помощью электрометрии необходимо знание об изменении этих параметров для рыхлообломочных и связных грунтов, а также оползневых масс.

$УЭС$ трещиноватых, пористых, рыхлообломочных, глинисто-супесчаных пород зависит от глинистости, среднего диаметра твердых частиц, дисперсности (показатель неоднородности размеров частиц), пористости, трещиноватости, форм и длин поровых каналов, т.е. от физико-механических и водных свойств: от коэффициентов влажности, водоносности, водоотдачи, проницаемости, фильтрации, определяющих количество внутropовой влаги (Ляховицкий и др., 1989; Огилви, 1990; Справочник геофизика, т.1, 1989 и др.).

Удельное электрическое сопротивление горных пород изменяется в зависимости от направления установки измерения. Зависимость характеризуется коэффициентом микроанизотропии $l = (\rho_+/\rho_-)^{1/2}$, где ρ_+ и ρ_- значению $УЭС$ вкrest и вдоль слоистости. Значения l у скальных трещиноватых горных пород изменяется от 1,1 до 2,0, у известняков – 1,0–1,3, графитовых и углистых сланцев – 2,0–3,0, глинистых сланцев – 1,1–1,6, глин с прослоями песков – 1,1–1,15, слабослоистых глин – 1,0–1,1.

Приведенные ниже данные рыхлообломочных пород (табл.33) различных оползневых районов Армении относятся к конкретным физико-геологическим условиям. Анализ таблицы и практика показывают, что несмотря на дифференциацию пород по значениям $УЭС$, однозначно методами сопротивления определить задачи оползневых процессов затруднительно, поэтому необходимо комплексное изучение задач с привлечением геолого-гидрогеологических данных.

Электрохимическая естественная активность – a обусловлена диффузионно-адсорбционными, окислительно-восстановительными и фильтрационными процессами и является основой широко применяемого при изучении оползневых процессов метода естественного поля.

Диффузионно – адсорбционный потенциал (E_{da}) возникает в результате адсорбирования из раствора ионов определенного знака и изменяется от –25 до 70 мВ. Наименьшим значением обладают чистые пески, пористые известняки и доломиты

полевых условиях, показали, что диффузионно-адсорбционный потенциал в водной среде, минерализация которого равняется 400 мг/л, изменяется от $-/+2.5$ (между дацитовыми туфами и базальтами) до $-/+14$ мВ (между песками с гумусом и базальтами и андезито-базальтами). Результаты этих исследований приведены в таблице 34.

Окислительно-восстановительная активность связана с контактами металлов и ионнопроводящей средой (электродный потенциал) и при изучении устойчивости склонов и оползневых процессов является мешающим фактором, поэтому необходимо уделять внимание на наличие на участке исследования трубопроводов, металлических конструкций и т.д. которые могут создать естественное электрическое поле от $- 20$ до 124 мВ.

Таблица 33.

Значения УЭС пород оползневых районов Армении

Группы	Удельное электрическое сопротивление, Ом.м					
	Вне оползня	На оползне	Вне оползня	На оползне	Вне оползня	На оползне
	Уч. Капан		Уч. Вохчаберд		Уч. Дилижан	
Почвенный слой	30 -150	25 - 30	20 -160	15 - 25	20-200	
Глинистые сланцы					10-15	7-10
Глина	4 - 15	4 - 8	7- 13 (Выше уровня грунтовых вод)	1 - 3	3-5	2-2.5
Суглинок	10 - 15	10 - 20	4 - 15	5 - 10	8-10	5-6
Супесь	20 - 50	10 - 25			16-20	10-15
Аргиллиты			13-22		20-30	15-25
Порфирит. туфобрекчия	110 - 500	80 - 220			200-950	20-360
Дацинты выветрелые					100-500	20-50 (влажные)
Дацинты трещиноватые					500-1500	200-500
Делювий			80 - 200	30 - 80	40-500	20-50

Таблица 34.

Значения диффузионно-адсорбционных потенциалов некоторых пород Армении

Наименование пород	Ед.а, мВ				
	Пресная вода, М=400 мг/л	Базальт, андезито-базальт	Дацитовые туфы	Гравий с песком и гумусным заполнителем	Песок с гравием и гумусным заполнителем
Базальт, андезито-базальт	+2.0	0	+2.5	+6.9	+14.0
Дацитовые туфы	-0.5	-2.5	0	+4.4	+11.5
Гравий с песком и гумусн.заполнителем	-4.9	-6.9	-4.4	0	+7.1
Песок с гравием и гумусным заполнит.	-12.0	-14.0	-11.5	-7.1	0

Фильтрационные потенциалы на оползневых участках связаны с инфильтрационными процессами поверхностных вод и разгрузкой подземных вод. В инфильтрационных местах обычно наблюдаются естественные электрические поля с отрицательными значениями E_f , изменяющимися от -10 до 20 мВ, а в местах разгрузки - положительные - от 2 до 20 мВ и более (Огильви, 1990).

Относительная диэлектрическая проницаемость – ϵ_0 . На оползнеопасных склонах и в районах, где чаще всего залегают рыхлообломочные и связные породы, значение ϵ_0 в таблицах 33 и 34 не рассматривается. Учитывая важность этого параметра в высокочастотной электроразведке, которая применяется при решении ряда задач, рассмотрим пределы изменения значения ϵ_0 для рыхлообломочных и связных пород.

Лабораторные исследования, выполненные при частоте 100 МГц, показали, что в воздушно-сухом состоянии, наибольшими значениями ϵ_0 обладают глинистые породы. Для глин оно равняется $2,45$, пылеватых глин – $1,82$, тяжелых и средних суглинков – $1,77$, легких и пылеватых суглинков – $1,49$ – $1,58$, пылеватых супесей – $1,58$, тяжелых супесей – $1,6$, мелких песков и щебенисто-дресвяных грунтов с глинисто-суглинистым заполнителем – $1,65$ (Хачатрян и др. 1983). Полученные значения несколько ниже по сравнению с общеизвестными (Огильви А.А. 1990, Справочник геофизика, т. 1, 1989 и др.). Это связано с тем, что измерения выполнены с частотой на порядок больше, чем в цитируемых публикациях и, по-видимому, зависит от характерных особенностей грунтов склонов Армении.

Дифференциация электрических свойств пород от их генезиса и воднохимических особенностей позволяет в оползневых районах выявить:

– общее геологическое строение изучаемого района; глубины залегания коренных пород, мощности рыхлообломочных и связных отложений и их расчленение; наличие тектонических нарушений; оползнеопасные участки; направление господствующей трещиноватости и др.;

– гидрогеологические особенности: глубины залегания грунтовых, межпластовых и трещинных вод в пределах склона, региональный водоупор, места инфильтрации поверхностных вод, их транзита и разгрузки, степень водонасыщенности, а при мониторинге - изменения УГВ и др.;

– инженерно – геологические особенности: глубины залегания поверхности скольжения, мощности оползневого тела, физико-механические свойства, при мониторинге – прогноз оползневых процессов, состояние противооползневых мероприятий и др.;

– антропогенно–техногенное воздействие на устойчивость склонов и динамику оползня и др. (Азарян и др., 2005а, б; Горяинов и др., 1987).

2.1 Электрометрические методы исследований при изучении оползневых процессов

Среди многочисленных электрометрических методов исследований широкое применение во всем мире и в Армении нашли электрические зондирования (Electrical sounding–ES) с установкой Шлюмберже, известное как вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ), электропрофилирование (за рубежом известное как электрическое картирование – (Electrical Mapping - EP), тоже с установкой Шлюмберже (симметричное электропрофилирование – СЭП), метод естественного электрического поля (Self Potential Method- SP) (МЕП) способом потенциала, а при детальнх работах – способом градиента.

Во всех перечисленных методах и модификациях электроразведки постоянного тока при наличии поверхностных неоднородностей по УЭС полученные результаты искажены настолько, что их интерпретация становится невозможной или дает неверные результаты. Поэтому в таких случаях применяется способ

заключается в измерении общего электрического сопротивления приемной цепи ($R_{мп}$) и нормирования значения измеренных кажущихся электрических сопротивлений (КЭС) по $R_{мп}$ в каждой точке измерения. Способ применен на оползневых участках Капанской агломерации.

2.2. Связь электрических параметров с физико-механическими и водными свойствами горных пород

При инженерно–геологических, гидрогеологических исследованиях и особенно при изучении вопросов устойчивости склонов и оползневых явлений большое научно–практическое значение имеет установление связи между электромагнитными, физико–механическими и водными свойствами и параметрами. Данный вопрос наиболее полно освещен в ряде работ (Аджимамудов и др., 1984; Ляховицкий и др., 1989; Огилви, 1990). Проведенные на оползневом участке (карьере алунитового месторождения) электроразведочные работы позволили установить связь между значениями удельного электрического сопротивления и коэффициента крепости пород (рис. 94).

Для алунитовых туфов, возраст которых соответствует киммериджской свите верхней юры, определен коэффициент крепости, связанный с УЭС уравнением

$$K_k = 1.66 \ln(p) - 6,137$$

В таблице 35 приведены характеристики электроразведочных исследований прочности различных пород в воздушно–сухом и водонасыщенном состоянии (Чалабов и др., 2007).

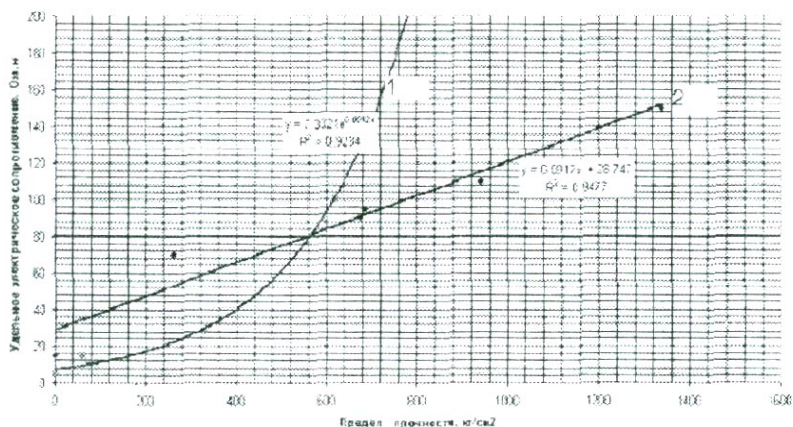


Рис. 94. Зависимость удельного электрического сопротивления (Ом м) от предела прочности пород: 1 - аргиллиты, алевролиты, 2 - песчаники в воздушно–сухом состоянии (естественной влажности) и в состоянии полного водонасыщения

Таблица 35.

Зависимость УЭС от прочностных характеристик различных пород в воздушно-сухом и водонасыщенном состоянии

Наименование пород	Кол-во испытаний	УЭС, Ом.м			Предел прочности $R_{сж}^{ев}$, кг/см ²			Среднее $R_{сж}$, МПа		Показатель размягчаемости, $K_{разм}$
		макс	мин	сред	макс	мин	сред	$R_{сж}^{вс}$	$R_{сж}^{вн}$	
Песчаники	172	150	70	95	262	1337	685	940	675	0,72
Известняки массивные	99	5000	200	1500	262	1390	930	1000	835	0,78
Конгломераты	75	300	50	150	410	1093	760	870	646	0,74
Переслаивание песчаников с конгломератами и известняками (ППКИ)										
(ППКИ)	85	400	50	250						
Слоистые известняки	15	700	100	300	250	900	570	720	540	0,75
Щебнисто-гравелистые грунты с глинистым заполнителем (ЩГГЗ)										
(ЩГГЗ)	8	40	10	25	658	900	810	1087	803	0,73

$R^{ев}$ – предел прочности при естественной влажности

$R^{вс}$ – предел прочности в воздушно-сухом состоянии

$R^{вн}$ – предел прочности в водонасыщенном состоянии

§ 3. Сейсмометрические методы исследований

В инженерно-геологических исследованиях сейсмометрические или сейсмоакустические методы включают в себя сейсмические, акустические и ультразвуковые методы. Их применение для изучения оползней основано на дифференциации горных пород по сейсмическим свойствам и параметрам: скоростям распространения продольных (V_p) и поперечных (V_s) волн, коэффициентов поглощения продольных и поперечных волн (a_p , a_s), их отношениям (V_s/V_p), (a_s/a_p), а также изменению величин вышеперечисленных параметров от процессов, явлений, происходящих до и в процессе активизации оползневых явлений. Пределы изменений параметров освещены в ряде работ (Горяинов, 1971, 1977; Горяинов и др., 1979, 1987; Степанян и др., 2004). В таблице 36 приводятся значения сейсмических свойств и параметров, сопоставимых и для оползневых участков на территории Армении.

На практике изучение геологической среды и, в частности, оползней проводится с помощью V_p , а при решении специальных задач - V_s , динамических и кинематических характеристик всех типов волн. Изучение продольных волн связано с их уверенной регистрацией, простотой, дешевизной проведения полевых работ, теоретической базой интерпретации и ряда других причин (Горяинов, 1971, 1977; Горяинов и др., 1979, 1987).

Как видно из таблицы 36, существует дифференциация по скоростям прохождения продольных и поперечных волн вулканических (скальных) и осадочных (скальных, полускальных, связных и сыпучих) пород, при их естественной влажности и полной влагонасыщенности, при отрицательных температурах. Кроме того, УГВ не является границей поперечных волн. Все эти показатели вместе позволяют определить границу скального ложа и рыхлообломочных, связных, сыпучих покровных (оползневых) пород, уровень грунтовых вод (используя кинематические и динамические особенности волн), кровлю коренных глин, литологические границы

рыхлообломочных образований; при мониторинге – изменение УГВ, степень водонасыщенности рыхлообломочных образований, оползневых тел, вопросы устойчивости склонов и другие задачи.

В Армении на глубинах, представляющих особый интерес для инженерно-геологических исследований, скальные породы трещиноваты, выветрены, гидротермально изменены, иногда переходят у дневной поверхности в суглинисто-супесчаные грунты. В этом случае скорость продольных волн уменьшается от коренных пород до дневной поверхности и изменяется от 4000 до 1500 м/с, а скорость распространения поперечных волн (V_s) – от 2000 до 600 м/с.

3.1. Связь между сейсмическими и физико-механическими свойствами горных пород

Поскольку оползневые процессы тесно связаны с физико-механическими свойствами и их определение в лабораторных условиях выполняется в недостаточном количестве из-за дискретности отбора образцов и с нарушением естественных условий залегания, то приоритетность их определения с помощью сейсмометрии становится очевидным.

Скорости распространения продольных и поперечных волн зависят от продольного модуля упругости, или модули Юнга E , и имеют размерность дн/см², или кг/см²; коэффициента Пуассона- ν (его значение изменяется от 0 до 0,5) и плотности – (ρ) пород, почв и грунтов. Согласно теории упругости, связь между ними выражается следующими формулами:

$$V_p = [E(1 - \nu) / (1 + \nu)(1 - 2\nu)]^{1/2}, \quad V_s = [E/2\rho(1 + \nu)]^{1/2}, \quad V_s / V_p = [(1 - 2\nu) / 2(1 + \nu)]^{1/2}$$

Подставляя предельные значения коэффициента Пуассона в формулу V_s/V_p , получаем, что его значения ограничены между нулем и 0,71. Поскольку горные породы не являются идеально упругой средой и анизотропны, то рассматриваемые параметры имеют смысл "кажущихся", или "эффективных".

Параметрами, определяющими скорости сейсмических колебаний в породах, являются динамические модули: упругости – E_d и сдвига G_d , а также динамический коэффициент Пуассона – ν_d .

Определяя значения V_p , V_s , можно рассчитать динамические модули и коэффициент, взяв из табличных данных значение плотности пород (табл.36).

В литературе имеются многочисленными параметрами (Горяинов, 1971, 1977; Горяинов и др. 1979, 1987). В частности, для рыхлых пород с помощью сейсмических параметров и плотности вычисляются модуль общей деформации – ($E_{\text{деф.}}$), предел прочности на сжатие – σ_0 , рассчитывается величина удельного сцепления ($C_{\text{уд.}}$) с помощью динамического модуля сдвига G_d .

Таблица 36.

Значения скоростей (V_p), (V_s) и (V_s/V_p) в горных породах при различной степени их водоносности

Состояние	Порода	V_p , км/с	V_s , км/с	V_s/V_p	$a_p, м^{-1}$, f=80- 100Гц	$a_s, м^{-1}$ f=50- 80Гц	a_s/a_p
При естественной влажности	Почвенный слой	0,1-0,3	0,05-0,2	0,55-0,69			
	Песок	0,2-0,5	0,15-0,3	0,52-0,69	0,11-0,18	0,13-0,18	0,9-1,4
	Супесь	0,25-0,6	0,1-0,3	0,45-0,62	-	-	-
	Суглинок	0,3-0,6	0,15-0,25	0,3-0,55	0,08-0,21	0,1-0,18	0,85-1,25
	Лесс	0,4-0,55	0,2-0,4	0,55-0,6	0,04-0,1	0,04-0,1	0,5-2,0
	Глина (включая корен.)	0,4-0,65-1,8	0,1-0,2-0,7	0,1-0,35	0,1-0,2	0,12-0,19	0,7-1,3
	Галечник	0,4-0,8	0,25-0,5	0,55-0,7			
	Песчаник	0,8-4,0	0,5-2,5	0,5-0,7	-		
	Известняк	1,-4,5	0,5-2,8	0,5-0,65	-	-	
	Гранит	1,5-5,0	0,8-3,0	0,5-0,65			
	Базальт	2,0-7,0	1,0-4,5	0,5-0,6			
	Сланцы битум.	2,8-4,2	-	-	-	-	
Серпентин	4,7	-	-	-	-		
При полном водонасыщении	Песок	1,5-2,0	0,15-0,3	0,07-0,2	0,01-0,06	--	
	Супесь	1,45-1,8	0,12-0,28	0,07-0,15			
	Суглинок	1,5-1,9	0,1-0,25	0,05-0,15			
	Глина (включая коренную)	2,0-2,7	0,25-0,5	0,1-0,2			
	Галечник	2,0-2,7	0,25-0,5	0,1-0,2			
	Песчаник	1,8-4,5	0,5-2,5	0,4-0,6			
	Известняк	2,0-5,0	0,5-2,8	0,35-0,55			
Влагонасыщенное при $t=-3^{\circ}C$	Галечник	3,8-4,8	2,0-2,6	0,5-0,6			
	Песок	3,4-4,0	1,8-2,2	0,5-0,6	0,02-0,04	0,015-0,045	0,6-2,0
	Супесь	2,8-3,5	1,5-1,9	0,45-0,6			
	Суглинок	2,2-2,8	1,2-1,5	0,4-0,55	0,03-0,05	0,025-0,055	0,5-2,2
	Глина	1,9-2,3	0,8-1,2	0,4-0,5			
	Песчаник	3,6-5,0	1,9-2,8	0,5-0,6			
	Известняк	3,8-5,5	2,0-3,0	0,5-0,6			
	Гранит	4,0-6,0	2,2-3,2	0,5-0,6			
Базальт	4,0-8,0?	2,5-4,5	0,55-0,6				
	Вода пресная	1,43-1,68	-				
	Вода морская	1,46-1,53	-				

Полученные связи во многом универсальны, их можно применять для определения физико-механических характеристик пород независимо от района работ.

Нами на основании проведенных сейсмических исследований на Дилижанском оползневом участке установлены эмпирические зависимости между скоростями упругих волн и значениями модуля Юнга для трех глубин, удельным сцеплением Суд, а также модулем деформации (Едеф.) и модулем сдвига (Гд) (рис.95, 96, 97).

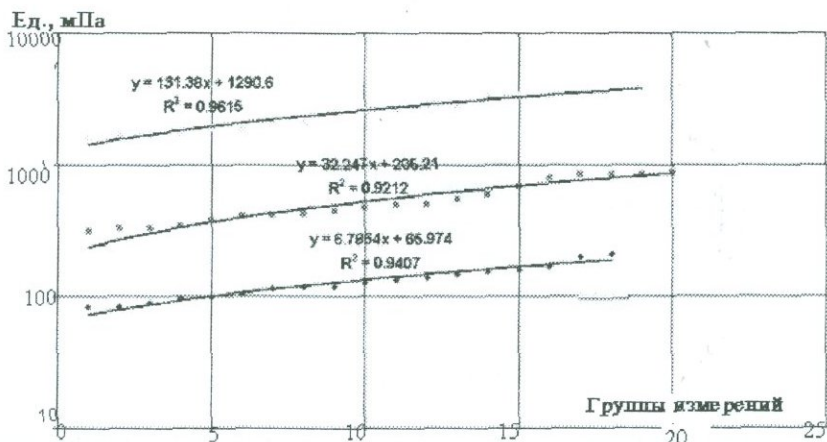


Рис.95. Эмпирические зависимости динамического модуля Юнга для глубин 0 - > 4,5м (нижний график), 1,5->5м (средний график) и > 3,5 м (верхний график)

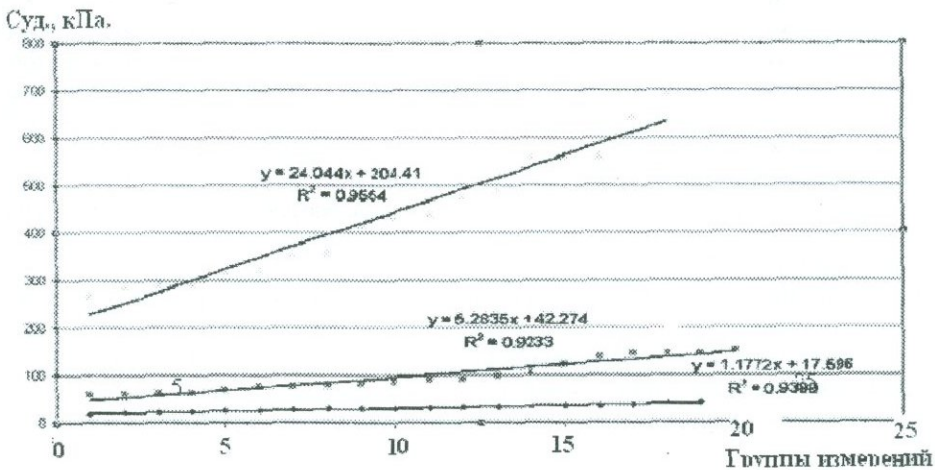


Рис. 96. Эмпирические зависимости удельного сцепления (Суд.) для глубин 0 - > 4,5м (нижний график), 1,5 - > 5м (средний график) и > 3,5 м (верхний график)

§ 4. Магнитометрия

При изучении задачи устойчивости склонов, активизации древних стабилизированных оползней, динамики оползневых процессов и решения ряда специфических задач в оползневых районах неоценимую помощь оказывает магнитометрия.

Основным параметром в магнитометрии является магнитная восприимчивость χ – безмерная величина, которая характеризует степень намагничивания горных пород под влиянием внешнего (земного) магнитного поля и является коэффициентом пропорциональности между \mathbf{J} и \mathbf{H} в уравнении $\mathbf{J} = \chi \mathbf{H}$, где \mathbf{J} - намагниченность вещества, а \mathbf{H} – напряженность внешнего, намагничивающего поля. Единицей намагниченности в системе СИ является ампер, деленный на метр (А/м).

Горные породы по магнитной восприимчивости делятся на практически немагнитные (в системе СИ их значения изменяются до 30×10^{-5}), очень слабомагнитные – $(3-10) \times 10^{-1}$, слабомагнитные – $(1-10) \times 10^{-3}$, магнитные – $(1-5) \times 10^{-2}$, сильномагнитные – (свыше 5×10^{-1} единиц).

Выветривание приводит к уменьшению значения χ до 20 раз. На участках тектонических нарушений, в зонах сноса магнитная восприимчивость увеличивается. Некоторые значения магнитной восприимчивости горных пород г. Дилижана (Старая дача, Джухтак Ванк, ул. Калилина) приведены ниже (табл.37).

Магниторазведка успешно применена на всех оползневых территориях Армении.

Таблица 37.

Значения магнитной восприимчивости горных пород г. Дилижана (ИГИС 1979-81гг)

Наименование пород	χ (CGSM)
Почвенный слой	5.1
Глины, бентонитовые глины	20--55
Аргиллиты, суглинки, супеси	5--30
Глинистые сланцы	5--15
Дацинты выветрелые	100-1000
Дацинты трещиноватые, влажные	750-4000

§ 5. Радиометрия

Радиометрия (ядерно – физические методы) основана на изучении естественного или искусственно вызванной радиоактивности элементов, минералов и горных пород (Ляховицкий и др., 1989; Огильви, 1990). В инженерной геофизике исследуется естественная радиоактивность: наземная радиометрическая гамма и эманационная (радоновая) съемки, радиоактивное исследование скважин. Гамма съемка имеет ограниченную глубинность по сравнению с эманационной.

Эманационная съемка при изучении оползневых процессов была широко применена Институтом геофизики и инженерной сейсмологии (ИГИС) НАН РА на участках Старая дача, Шамахан, Джухтак-Ванк и др. (ИГИС 1979), Джаджурского перевала (Гаспарян, 2002, Степанян и др., 2005). На участке Шамахан эманационная съемка имела опытно-методический характер.

На участке Джухтак-Ванк (две церкви X века в катастрофическом состоянии) были выполнены эманационная и гамма съемки. На карте изозман выделены две зоны: зона разгрузки (от 0 до 20 экв. эм.), охватывающая оползневое тело, и за его пределами. На оползневом теле, на участке разрушения церкви фиксируется зона полного разуплотнения (10–15 экв.эм.). Повышенные аномальные участки, по данным гамма съемки и электрического зондирования, соответствуют зонам уплотнения, а пониженные – скальным породам.

На участке Старая дача наблюдения были выполнены в октябре 1987г., из-за ограниченного времени аномальных отклонений не было отмечено. По данным июня 1988г., эманационная съемка выявила подзоны концентрации (уплотнения) и разгрузки (разуплотнения) напряжений. Анализ данных мониторинга по эманационной съемке позволил прогнозировать активизацию оползня, установить зоны активизации (рис.98).

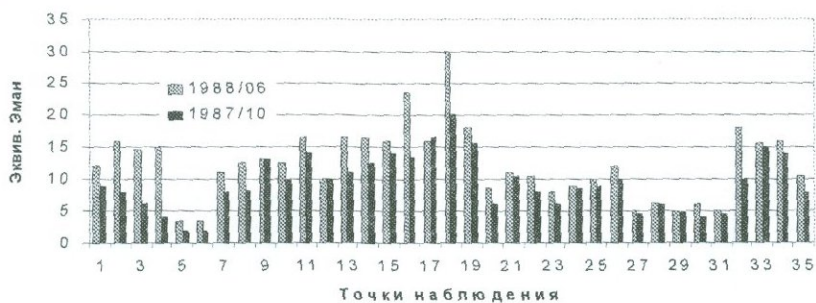


Рис. 98. Графики эманационной съемки оползневого участка Старая дача

§6. Изучение оползневых процессов г. Дилижан и прилегающих территорий

6.1. Оползневой участок "Фиолетово" "Дилижанского района

Строительство железнодорожной линии Раздан-Иджеван привело к лишению естественного подпора крутых оползневых склонов: сотрясения склонов, обусловленные строительной техникой; частыми взрывами при строительстве; землетрясениями в северных районах Армении; неблагоприятные тектонические, инженерно-геологические, гидрогеологические условия приводили и приводят к ускорению формирования и развития новых и активизации древних стабилизировавшихся оползней в ущелье р.Агстев. Одним из таких районов является оползневой участок "Фиолетово", расположенный на левом берегу р.Агстев, на юго-восточном склоне горы Халаб Базумского хребта. Древний стабилизировавшийся

оползень генетически связан с Танзут-Красносельским близширотным сбросом. Угроза активизации оползня и обвалов из-за вышеперечисленных факторов потребовала систематического изучения (мониторинга) устойчивости склонов по обеим сторонам реки, которое было выполнено сотрудниками кафедры геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых Ереванского государственного университета (ЕГУ). По правому берегу исследования велись в 1982–1983 гг., по левому берегу – в период 1982–1986 гг. Были использованы электрическое зондирование (ЭЗ), сейсморазведка методом преломленных волн (МПВ), магнитные и гравиметрические измерения. Поскольку данные МПВ и гравиметрических измерений не дали каких-либо результатов, основным методом мониторинга служил метод электрических зондирований (ЭЗ).

6.1.1. Левый берег участка Фиолетово

В 1982–83 гг. наблюдения велись методом ЭЗ (Варданян и др., 1990). Из-за сложности рельефа местности расстояние между профилями бралось от 50 до 300 м, а между точками ВЭЗ – от 50 до 200 м. Величина полуразносов ($AB/2$) колебалась от 100 до 220 м. Начиная с 1984 г. исследования, наряду с ВЭЗ, проводились и установкой Гуммеля (трехэлектродная установка), что дало возможность сократить расстояние между профилями и точками ЭЗ до 50 м, а также проводить наблюдение на краях оползневого участка. Условие “бесконечности” электрода С обеспечивалось и путем расположения линии ОС перпендикулярно центру MN. Производительность работы обеспечивалась путем наращивания линии ОС. Центры точек ЭЗ, места заземления приемных и питающих электродов закреплялись на местности. Характерные кривые ВЭЗ приведены на рис.99.

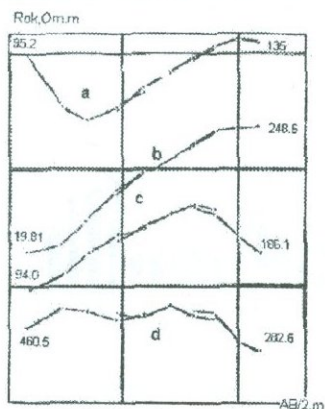


Рис.99. Характерные кривые ВЭЗ оползневого участка Фиолетово

Количественная интерпретация осуществлялась с помощью альбома теоретических кривых (палеток) с учетом параметрических измерений, выполненных как на естественных, так и на искусственных обнажениях; параметрических измерений, выполненных Институтом геофизики и инженерной сейсмологии в Дилижанском и Иджеванском районах, а также результатов интерпретации кривых ЭЗ, для которых принцип эквивалентности действовал в очень ограниченных пределах. Один из геоэлектрических разрезов представлен на рис. 100. Первым геоэлектрическим слоем являются четвертичные отложения, представленные аллювиальными, делювиальными, элювиальными, пролювиальными образованиями мощностью до 5–6 м и удельным электрическим сопротивлением (УЭС) от единиц до 100 Ом.м и более. Вторыми слоями являются вулканогенно-осадочные породы (порфириды, туфобрекчи, туфопесчаники и известняки) с удельным электрическим сопротивлением от 20 до 500 Ом.м. Изменения УЭС в широких пределах обусловлены различием физико-геологических условий перечисленных пород. Отсутствие

выдержанных геоэлектрических слоев, смена одного слоя другим по горизонтали, ступенчатая форма геоэлектрических границ указывают на наличие древних оползневых тел. На гипсометрически нижних отметках поверхностью скольжения является кровля геоэлектрического горизонта с удельным электрическим сопротивлением 60 – 100 Ом.м, 100–160 Ом.м в средней части и 50–80 Ом.м в северной части разреза. Оползневое тело с УЭС 300–500 Ом.м и мощностью 10–40 м на низких гипсометрических отметках является самым древним. Оно относится к оползням типа скольжения скальных пород (порфириты, туфобрекчии, туфопесчаники или известняки). Второе оползневое тело с УЭС 20–40 Ом.м и мощностью 11–30 м представлено сильно раздробленными и обводненными продуктами вышеперечисленных скальных пород, обводнению которых способствует и чашеобразная форма рельефа, служащая временной емкостью для атмосферных осадков.

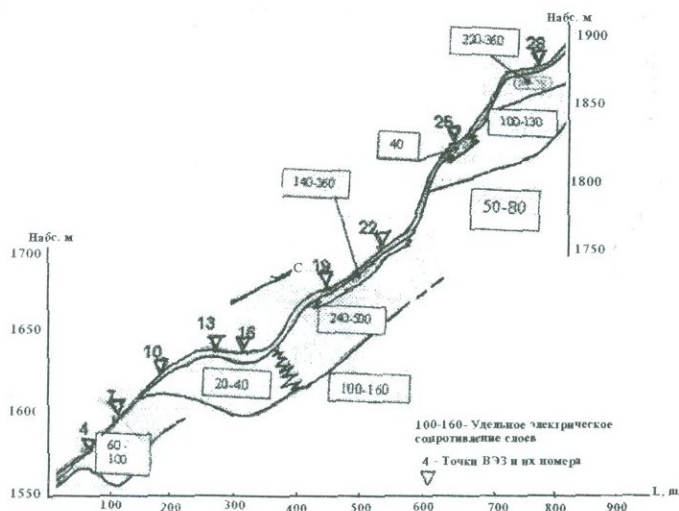


Рис. 100. Геоэлектрический разрез левобережного оползневой участка Фиолетово

УЭС третьего оползневой тела колеблется от 220 до 500 Ом.м, и оно аналогично по характеру первому оползневой телу.

Четвертое, наиболее мощное и неоднородное оползневой тело представлено двумя слоями: верхний – более крупнообломочный и сохранившийся с УЭС 220 – 360 Ом.м и нижний с УЭС 100-130 Ом.м – более раздробленный, увлажненный. Суммарная мощность колеблется от 30 до 60 м.

В приповерхностной части оползневых тел выделяются отдельные маломощные линзы со сравнительно низким УЭС. Высокие значения УЭС (20–500 Ом.м) указывают на характер скольжения оползней, сопровождающихся обвальными процессами. Пластичные смещения, характеризующиеся УЭС от 2 до 5 Ом.м, в районе отсутствуют. Результаты режимных наблюдений представлены в виде разностных значений кажущегося удельного электрического сопротивления (КУЭС). В качестве исходных взяты данные ЭЗ за 1986г. Характерные разностные кривые отличаются друг от друга (рис.101).

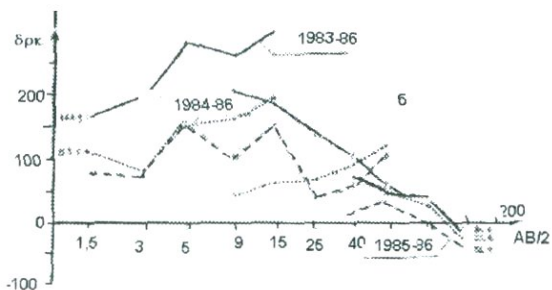


Рис.101. Характерные разностные кривые значения КУЭС режимных наблюдений оползневого участка Фиолетово

На кривых (а) разностные значения КУЭС увеличиваются начиная с $AB/2=25$ м, в то время как на кривых (б) они колеблются в больших пределах при малых значениях $AB/2$. Объясняется это изменением физико-геологических условий разреза, в первую очередь, влажностью и неоднородностью первого геоэлектрического слоя (Варламян и др., 1990).

Изучение влияния атмосферных осадков на значения УЭС представлено на рис.102. На оси абсцисс отложены время измерений с исходным 1986г., а на оси ординат – разность сумм КУЭС отрезков кривой ВЭЗ, характеризующих отдельные (в данном случае первый) слой данного года с исходным. Анализ приведенных графиков проводился совместно с графиком годовичных сумм атмосферных осадков (рис.103).

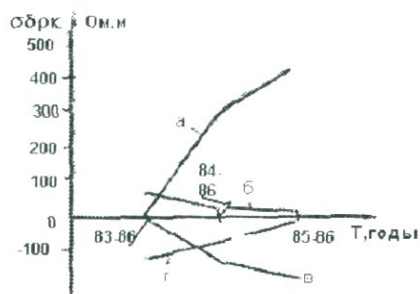


Рис.102. Годовые суммарные осадки за 1983-86гг. (с мая по май)

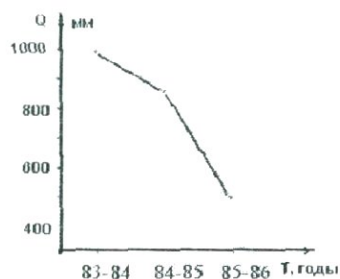


Рис.103. Суммарные разностные кривые отрезков кривых ВЭЗ за 1983-86гг.

Уменьшение годового количества осадков с 1983 по 1986гг. должно приводить к увеличению значений УЭС, следовательно, суммы разности должны были быть отрицательными величинами. Такие изменения наблюдаются на рис.103 (в), а в пределах положительных значений – на графике рис.103 (б). Последнее объясняется тем, что в 1986г. на данном участке непосредственно перед измерениями выпадали осадки. Противоположные тенденции, отмеченные на кривых (а) и (г), указывают на незначительное влияние осадков на значения КУЭС. Связано это с крутизной склона данной точки ВЭЗ, типом, физико-механическим состоянием, высокими значениями коэффициента фильтрации и др. Детальный, комплексный анализ каждого из отрезков кривых позволил прийти к следующим выводам:

1. древний оползневой склон "Фиолетово" имеет ступенчатое строение со многими поверхностями скольжения, связанными с тектоническими движениями;

сопровождающегося обвальными процессами;

3. в период наблюдений активизация оползневых процессов не отмечалась.

6.1.2. Правый берег участка Фиолетово

Он охватывает в основном возвышенность овальной формы, расположенную напротив левобережного оползневой массива. Целью геофизических исследований являлось изучение устойчивости к оползневым процессам возвышенной части и выяснение его генезиса - является ли данная возвышенность интрузивным массивом или частью левобережного оползневой массива, запрудившего палеорусло. Исследования проводились методом ВЭЗ и магнитометрией.

На рис. 104 приведены графики dZ и относительные отметки рельефа местности оползневой участка правого берега р. Агтев.

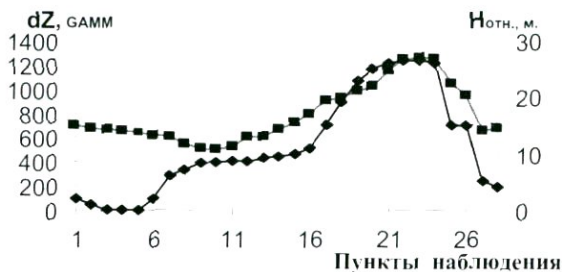


Рис. 104. Графики dZ и относительные отметки рельефа местности оползневой участка правого берега р. Агтев

Совместный анализ графиков указывает на их тесную связь. Магнитная аномалия имеет локальный характер по площади и связана с телом ограниченной глубинности, по мере приближения к вершине значение вертикального составляющего магнитного поля возрастает, по мере удаления – уменьшается, что свидетельствует в пользу оползневой происхождения данной возвышенности.

Имеется определенное сходство геоэлектрических разрезов левобережного и правобережного участков, чередование сравнительно низкоомных и высокоомных слоев по вертикали также свидетельствует о едином оползневом происхождении рассматриваемого участка р. Агтев.

6.2. Участок Джухтак – Ванк

Данный участок назван в честь двух церквей X века, которые в 70-х годах XX века находились в катастрофическом состоянии. Изучение оползневых процессов выполнены Институтом геофизики и инженерной сейсмологии в 1977–80 гг. Исследования носили опытно-методический характер и выполнялись методами вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и вызванной поляризации (ВЭЗ-ВП), электропрофилеирования (ЭП), естественного электрического поля (ЕЭП), магнитометрии и радиометрии (эманационная и гамма съемки).

Микромагнитная съемка вертикального компонента вектора магнитного поля земли – dZ , наряду с ВЭЗ и МЭП, позволила выделить и отделить склоновые отложения, представленные глыбами и обломками андезито-дацитов и дацитов (положительные аномалии dZ , высокие значения удельного электрического сопротивления, пониженные значения естественного электрического поля), от суглинков и суглинисто-дресвяных образований.

Полученные данные параметрических зондирований вблизи скважин и на обнажениях представлены на рис.105.

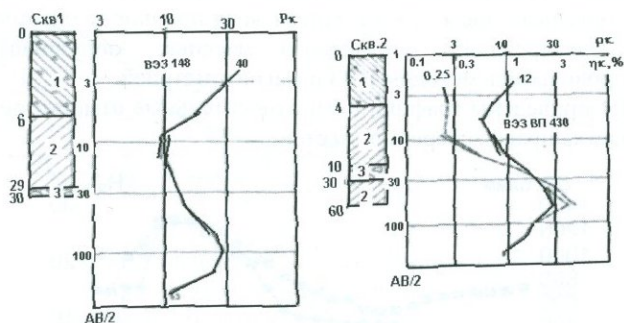


Рис.105. Параметрические кривые ВЭЗ и ВЭЗ-ВП участка "Джухтак-Ванк" (ИГИС 1977-80: 1-суглинок со щебнем и дресвой, 2- глинисто-суглинистый материал, 3- глыбы андезито-дацитов

Было установлено, что мощность склоновых отложений по площади изменяется от 2 до 22 м с удельным электрическим сопротивлением 12-100 Ом.м. Низким значениям соответствуют влагонасыщенные склоновые отложения или увеличение их глинистости. Второй слой представлен глинами, глинисто-дресвяными образованиями мощностью 12–23м и УЭС 5–16 Ом.м. Третий слой – дациты с мощностью 7–10м, и УЭС 80–350 Ом.м; четвертый, последний слой представлен глинами с УЭС 10–12 Ом.м. Поверхностью скольжения служат глины второго и четвертого слоев. Результаты интерпретации ВЭЗ, а в дальнейшем и бурения, показали, что андезиты и андезито-дациты (третий слой) имеют локальный характер и являются оползневым телом типа скольжения тектонического происхождения. Из-за малых разностей (AB=500м) четвертый слой иногда не выявлялся. Анализ данных СЭП подтвердил результаты ВЭЗ. Минимальные значения (минимумы) кажущегося сопротивления указывают на отсутствие третьего и увеличение мощности второго слоя. Максимумами отмечены увеличение мощности андезито-дацитов и дацитов.

Результаты, полученные методом естественного поля, позволили установить места инфильтрации вод, над которыми наблюдаются уменьшения значения УЭС и увеличения значения кажущейся поляризуемости до 4–5%.

На участке Джухтак-Ванк выполнены эманационная и гамма съемки. На карте изоэман выделены две зоны: зона разгрузки (от 0 до 20 экв. эм.), охватывающая оползневое тело, а также выходящая за его пределы. На оползневом теле фиксируется зона полного разуплотнения (10–15 экв.эм.), в том числе и на участке разрушения церкви. Повышенные аномальные участки, по данным гамма съемки и электрического зондирования, соответствуют зонам уплотнения, а пониженные – скальным породам.

Сейсморазведкой определены значения динамического модуля упругости Юнга Ед., удельное сцепление Суд., модуля деформации Едеф., модуля сдвига Gd для двух, а в некоторых точках и для трех слоев до глубины, не превышающей 10 м. Динамический модуль Юнга изменяется от 41 до 23700 мПа, удельное сцепление – от 15 до 3590 мПа, модуль деформации – от 4 до 2200 мПа, модуль сдвига – от 15 до 9400 мПа. Значения удельного сцепления и модулей деформации иногда превышают

нормативные значения этих параметров для рыхлых грунтов. Нами, на основании табличных данных ИГИС-а, установлены эмпирические зависимости между скоростями упругих волн и значениями модуля Юнга для трех глубин, а также удельным сцеплением $C_{уд}$, модулем деформации (Едеф.) и модулем сдвига (G_d) (рис.106).

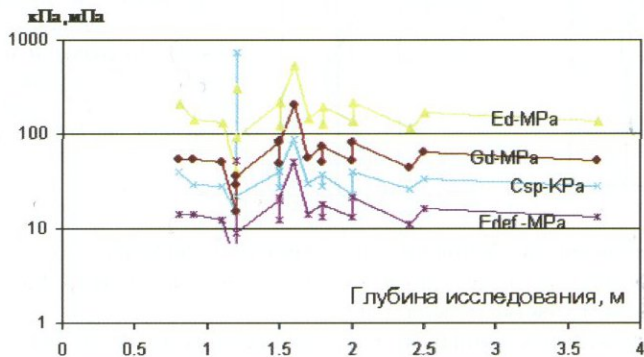


Рис.106. Графики динамических: модуля Юнга - E_d , модуля сдвига - G_d , удельного сцепления - $C_{уд}$ и модуля деформации участка Джухтак-Ванк для первого сейсмического слоя

Полученные некоторые физико-механические параметры завышены по сравнению с лабораторными данными. Поэтому рекомендуем при использовании этих данных для практических целей за основу взять минимальные значения параметров, имея в виду и оползнеопасность района.

6.3. Оползневой участок "Старая дача" (Госдача)

Участок расположен на правом берегу р. Агстев. Из-за оползней многие строения пришли в негодное состояние (ИГИС, 1978). Режимные наблюдения были проведены в рамках противооползневых мероприятий с сентября 1977 по октябрь 1978г. Геофизическими методами необходимо было определить глубину поверхности скольжения и УГВ, литологически расчленить породы, дать прогноз устойчивости склона. С этой целью были проведены исследования методами ВЭЗ, в том числе и параметрические, СЭП, МЭП, сейсмометрия, магнитометрия и радиометрия (гамма и эманационная съемки).

Параметрическими и рядовыми зондированиями установлены пределы изменения УЭС пород, слагающих верхнюю часть разреза: суглинки с включением дресвы – до 20 Ом.м, туфобрекчий и порфиритов: 60–130 Ом.м, а иногда в виде суглинков – 18–20 Ом.м, трещиноватых туфобрекчий и порфиритов 70 – 250 Ом. м. Мощность первого слоя доходит до 16 м, второго – 25 м, а третьего – до 20–30 м. Опорным геоэлектрическим горизонтом служат бентонитовые глины с УЭС 10–15 Ом.м, глубина которых на участке колеблется от 8 до 60 м (рис.107).

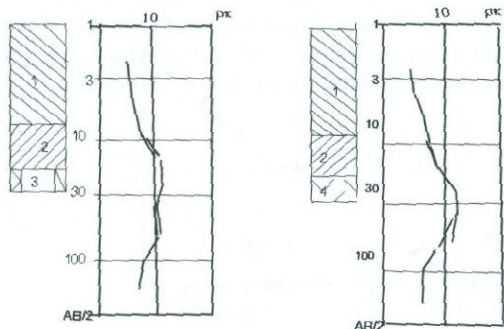


Рис. 107. Параметрические кривые ВЭЗ участка "Старая дача" (ИГИС 1977-80): 1 - суглинки с включением дресвы, 2 - бентонитизированные суглинки с дресвой, 3 - сильно измененные, иногда превращенные в суглинки, туфобрекчи порфиритов, 4 - трещиноватые и измененные туфобрекчи порфиритов

УГВ установлен в основном по данным сейсморазведки, со скоростью продольных волн 600 м/с, в некоторых местах – и по данным ВЭЗ. Глубина залегания УГВ на исследуемом участке изменяется от 8 до 18 м.

Анализом режимных данных метода естественного поля с ВЭЗ, магнитометрией, эманационной съемкой установлены места инфильтрации поверхностных вод и их разгрузки в пределах изучаемой территории, места возможных плоскостей отрыва. Положительные аномалии dZ и высокие значения кажущегося удельного электрического сопротивления (70–200 Ом.м), по данным СЭП (АВ=130м, MN=24м, шаг 5–10м), соответствуют обнаженным или находящимся вблизи дневной поверхности туфобрекчиям порфиритов. Характер графиков dZ и p_k с использованием данных ВЭЗ позволял установить плановое положение этих пород.

Анализ результатов инженерно-геофизических исследований на участке "Старая дача" (ИГИС 1977–80) показал, что ложем оползневой массы, ее поверхностью скольжения является кровля бентонитовых глин и гидротермально измененных пород.

На этом участке сейсморазведкой определены значения динамического модуля упругости Юнга Ед, удельного сцепления Суд., модуля деформации Едеф., модуля сдвига Gd для двух, а в некоторых точках и для трех слоев до глубины, не превышающей 10 м. Динамический модуль Юнга изменяется от 32 до 26800 мПа, удельное сцепление – от 14 до 4050 мПа, модуль деформации – от 3 до 24900 мПа, модуль сдвига – от 15 до 10681 мПа. Значения удельного сцепления и модулей деформации иногда превышают нормативные значения этих параметров для рыхлых грунтов.

6.4. Участок ул. Калинина

На участке ул. Калинина (ИГИС 1977–80). проведены исследования методом ВЭЗ, в том числе и параметрические, СЭП и МЭП. Установлено, что первым слоем являются сухие супесчаные и суглинистые образования с обломками скальных пород, имеющие УЭС 200 Ом.м, вторым слоем - породы дилижанской свиты (туфопесчаники, глинистые сланцы, алевролиты с УЭС 10 – 15 Ом.м). Кривые двухслойные, с нисходящей веткой. При наличии УГВ в первом слое кривая представлена трехслойным – типа К. Мощность склоновых отложений достигает 15–30 м. В некоторых местах имеются две поверхности скольжения – первая в склоновых образованиях, вторая на их контакте с породами дилижанской толщи. По инженерной аналогии высокоомные зоны графика электропрофилирования (АВ=100 м., MN = 10м, dx = 5–10м) дают основание прогнозировать возможное начало оползневой процесса, а по данным МЭП (способ потенциала) можно установить места инфильтрации поверхностных вод.

литологический состав разреза и места утечек из водоема. Исследования проведены методом ВЭЗ, МЭП и магнитометрией. Геоэлектрический разрез с графиком МЭП показан на рис. 108. Как видно, первый горизонт представлен суглинками с УЭС 40–60 Ом.м, а слабобводненные –10 –15 Ом.м с мощностью 7–12 м. Второй слой представлен супесчанистыми породами с сопротивлением 25–35 Ом.м. Под ними залегают андезитовые порфириты или туфобрекчии с УЭС 30-60 Ом.м. Анализ карты dZ с данными бурения и обнажений позволил установить характер рельефа андезитовых порфиритов и их туфобрекчий (значения от +300 до 1400 гамм – соответствуют поднятиям кровли андезитовых порфиритов и их туфобрекчий или обнажениям), картировать тектоническое нарушение (значения dZ от нуля до –300 гамм). Данные МЭП (рис.108,109) выявили места утечек, которым соответствуют низкоомные зоны, отрицательные значения dU .

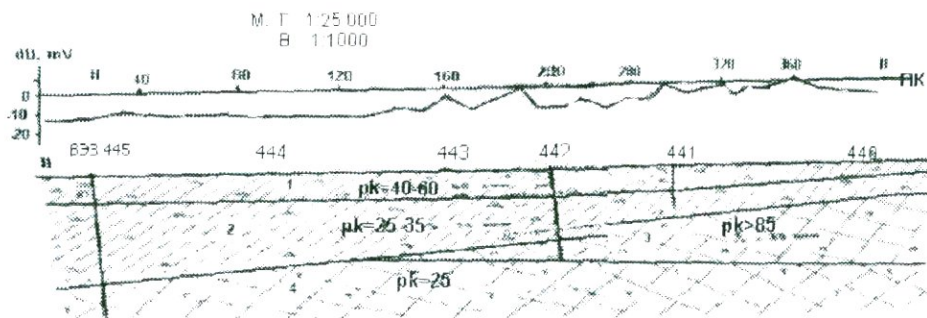


Рис.108 Геоэлектрический разрез и график МЭП по одному из профилей участка "Парз'лич" (ИГИС 1977-80). 1- суглинок с включением дресвы и щебня. 2- супесь с включением дресвы и щебня. 3 - трещиноватые порфириты. 4 - трещиноватые туфобрекчии

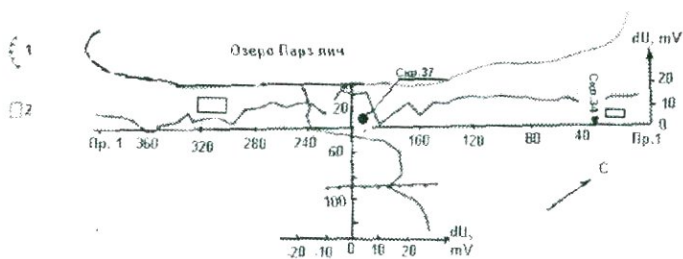


Рис.109 Графики естественного электрического поля участка "Парз'лич" (ИГИС 1977-80). 1- оползень. 2- легкие сооружения

В районе “Кахни хач” изучалась территория “Микрорайон” как потенциально опасный с точки зрения оползневых процессов. Исследования проведены методом ВЭЗ, в том числе и параметрические, эманационные съемки и сейсморазведка малых глубин.

По данным бурения, в верхней части геологического разреза присутствуют раздробленные аргиллиты, перекрытые глинисто–супесчанистыми образованиями. По данным ВЭЗ, водоупором служат глины. С помощью геофизических методов исследований установлены три локальных участка с крупнообломочным материалом (60–80 Ом.м), обводненные зоны с удельным электрическим сопротивлением 10–15 Ом.м., благоприятные к оползневым процессам места, где мощность зоны аэрации колеблется от 5 до 6 м, и отмечаются повышенные значения концентраций (30–70 экв. эман). По данным мониторинга эманационной съемки выделены зоны разгрузки и разуплотнения напряжений и зоны аномального напряжения пород. Выявлены наиболее опасные участки – левый берег реки Агстев и площадь, примыкающая к котельной.

Сейсморазведкой определены значения динамического модуля упругости Юнга Ед, удельное сцепление Суд., модуля деформации Едеф., модуля сдвига Gd для двух, а в некоторых точках и для трех слоев до глубин, не превышающих 10 м. Динамический модуль Юнга изменяется от 41 до 6800 мПа, удельное сцепление – от 14 до 1047 мПа, модуль деформации – от 4 до 630 мПа, модуль сдвига – от 17 до 2730 мПа. Как и в предыдущих участках значения удельного сцепления и модулей деформации иногда превышают нормативные значения этих параметров для рыхлых грунтов. На основании этих расчетов дается график изменения модуля Юнга для глубин 10 м. По значениям деформативных характеристик было проведено районирование общей территории.

6.7. Участок “Тахта”

Геофизические исследования на участке “Тахта” проводились в 1977–1978 годах. Согласно электроразведочным данным, оползень характеризуется блочным типом и мощностью до 100м. Сейсморазведкой малых глубин определены упругие характеристики почв и грунтов. В 1979г. сейсмондированием исследованы вопросы устойчивости склонов. Согласно проведенным исследованиям, динамический модуль Юнга изменяется от 37 до 28 800 мПа, удельное сцепление – от 15 до 4730 мПа, модуль деформации – от 4 до 2680 мПа, модуль сдвига – от 16 до 12400 мПа. Как и в предыдущих участках, значения удельного сцепления и модулей деформаций иногда превышают нормативные значения этих параметров для рыхлых грунтов. На основании этих расчетов был составлен график изменения модуля Юнга для глубин 10 м.

6.8. Участок “Техут”

Оползневой участок “Техут” охватывает часть поселка Техут, включая участок межгосударственной дороги Дилижан – Иджеван, поселка Агарцин (Куйбышев), на левом и правом берегах р.Агстев. Активизации оползня способствовал человеческий фактор - полив сельхозкультур, который и привел к разрушению стен домов, появлению трещин в стенах домов, выходе части вышеназванной дороги из строя. Противооползневая подпорная стена оказалась неэффективной. С целью проектирования и обоснования защитных противооползневых мероприятий были проведены геофизические исследования для литологического расчленения верхней

части разреза, выяснения гидрогеологических условий, геодинамического состояния района, определения типа оползня и др. На оползневом участке площадью 1 км² были выполнены опытно – методические исследования методами электротметрии, магнитометрии и радиометрии.

На участке поселков “Техут” и “Агарцин” (Куйбышев) исследования велись электротметрией – ВЭЗ и ЭП. На обнажениях проведены параметрические измерения методом ЭП. На графиках ЭП зона тектонического нарушения и гидротермально измененные породы проявляются в виде низкоомных зон. Лавоконгломераты отмечаются в виде высоких значений кажущегося удельного электрического сопротивления (рис. 110).

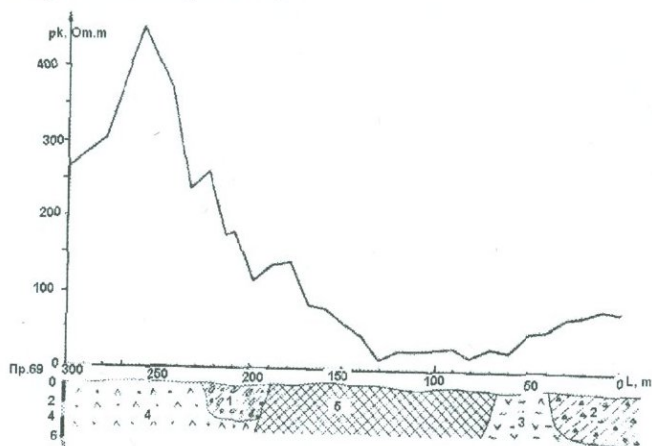


Рис. 110. Результаты электропрофилеирования в районе тектонического нарушения участка “Техут”: 1 - сухие аллювиальные отложения, 2 - щебень, дресва с супесчаным заполнителем, 3 - гидротермально измененные породы, 4-лавоконгломераты, 5 - зоны тектонического нарушения

Частая смена осадочных, вулканогенно – осадочных и вулканогенных пород, наличие тектонических нарушений, слабая дифференциация осадочных (10 – 30 Ом.м) и вулканогенно–осадочных (15 – 40 Ом.м) пород нередко осложняли интерпретацию данных ВЭЗ (рис. 111). Несмотря на имеющиеся трудности, хорошо отбивается граница между гидротермально измененными породами (зона тектонического нарушения), выделяются отдельные блоки скальных пород. На участке Техут, помимо перечисленного, закартированы также андезиты-дациты и оползневое тело. От поселка Агарцин к г.Иджеван опорным геоэлектрическим горизонтом являются высокоомные породы. На этом участке выделены отдельные глыбы, обводненные зоны, зоны активизации оползневых процессов. В результате анализа данных вертикального электрического зондирования установлено: УЭС оползневого тела составляет 5 – 20 Ом.м, в то время как вне оползня – 40 – 140 Ом.м, кажущееся удельное электрическое сопротивление (КУЭС) вблизи подпорной стены (языковая часть оползня) в верхней части разреза достигает до 5 Ом.м, что связано с его обводненностью. Обводненные зоны наблюдаются и выше подпорной стены, в средней части разреза. Электропрофилеированием (AB = 30 м, MN = 4 м, dX = 4 м) околонуено оползневое тело, контуры которого отличаются от визуально наблюдаемого.

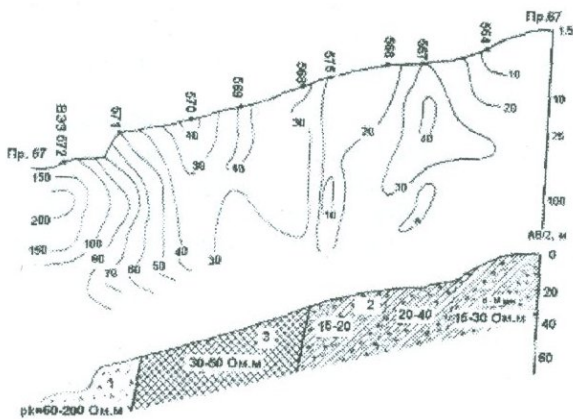


Рис.111. Геолого-геоэлектрический разрез на одном из профилей участка "Техут" (ИГИС 1987): 1-лавоконгломераты, 2-вулканогенно-осадочные породы (туфопесчаники, туфоконгломераты и др.), 3-зоны тектонического нарушения

Совместный анализ карты изоом (AB = 18 м) и электропрофилирования (AB = 30 м) позволил установить сложный характер морфологии поверхности скольжения – его раздвоение. Аварийные дома находятся на этих языках. Спрогнозировано разрушение домов, находящихся в момент исследования в нормальном состоянии. Диаграммы круговых ВЭЗ установили господствующее направление трещиноватости, степень обводненности и направление движения масс.

Детальная эманационная съемка позволила оконтурить оползневое тело и выявить его геодинамическое состояние. Статистическая обработка данных позволила установить фоновое значение концентрации 15 – 20 экв.эман. Оползневое тело на графиках эманационной съемки отмечается пониженными значениями (0 – 10 экв.эман) содержания Rn, что свидетельствует о его увлажненности. Повышенное значение радона объясняется напряженным состоянием пород, местами находящимися на стадии активизации оползневых процессов.

§7. Гехадир-Вохчабердский оползневые территории

7.1. Гехадирский участок

Гехадирский оползневой участок изучался для оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций природно-техногенного характера, обусловленного захоронением химически опасных, стойких, неразлагаемых веществ.

Захоронение ядохимикатов (более 500т ДДТ и других отходов химических предприятий) находится на территории Котайского марза с 1976г.

Могильник длиной 110 м и шириной 10 – 15 м (рис. 112) расположен на южной окраине с.Гехадир, в 2,5 км от трассы Вохчаберд – Гехадир, в 1,5 – 2 км от общин Вардашен и Эребуни г.Ервана и в инженерно-геологическом отношении находится в оползневой зоне, охватывающей населенные пункты Ереван – Дзорахпюр – Вохчаберд – Гехарот – Ацаван – Гарни.



Рис. 112. Общий вид захоронения (на переднем плане оползневые трещины околнурены белым ромбом)

В геологическом строении участка (снизу вверх) представлены породы палеозоя, мезозоя, кайнозоя, а также четвертичного периода. Непосредственно на исследуемой территории обнажаются породы миоцена и плейстоцена, представленные глинами, песчанистыми глинами, глинистыми песчаниками. Четвертичные породы представлены аллювиальными, склоновыми, пролювиальными образованиями. Кроме того, широко распространены оползневые и техногенные образования. Вблизи могильника проходят Ереванский глубинный разлом субкавказского направления и активный крупный Джрвежский разлом глубинного заложения антикавказского направления.

Гидрогеологические условия района работ в пределах глубин, представляющих интерес с точки зрения инженерно-геологических исследований, характеризуются отсутствием подземных и водоносных горизонтов. Грунтовые воды сезонные и имеют техногенно-инфильтрационный характер.

Предварительные исследования, выполненные в 2003г., выявили явную активизацию оползневой ситуации. Появились новые заколы и трещины, проявились выходы родников у подножия склонов и т.п.

С целью оценки динамики оползневого процесса на оползневом склоне, а также безопасности конструкции могильника и разработки инженерных защитных мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций проводились инженерно-геологические и геофизические исследования.

Перед геофизиками была поставлена задача – определить конструкцию, наличие бетонного покрытия над могильником, глубину бетонного покрытия от дневной поверхности, глубину поверхности скольжения оползневого тела.

Для решения поставленной задачи был применен комплекс геофизических методов, включающих магниторазведку с измерением полного вектора напряженности поля (Т), электроразведку методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) электропрофилеирование (ЭП). Применение магниторазведки обусловлено тем, что бетонное покрытие захоронения, содержащее стальную арматуру, создало бы аномалию напряженности магнитного поля, так как они обладают значением магнитной восприимчивости, превосходящим до 1000 раз породы окружающей среды (глины, суглинки, супеси).

Применение электроразведки обусловлено тем, что в верхней части геологического строения района работ принимают участие такие грунты, как почвенный слой, делювий, глина, суглинок, супесь, аргиллиты, пески. Перечисленные породы дифференцированы по значению удельного электрического сопротивления;

кроме того, бетонное покрытие могильника обладает повышенным значением удельного электрического сопротивления – свыше 100 Ом.м. Об этом свидетельствуют значения удельных электрических сопротивлений в оползневых участках Капан и Вохчаберд, полученные нами в разные годы.

Магниторазведочные работы над могильником ядохимикатов выполнялись сетью 10 x10м. На границе могильника и вмещающих пород, а также вблизи водоотводящих бетонных полутруб измерения производились по обеим сторонам и, в зависимости от условий местности, шаг измерения равнялся 1 – 5м. Измерения по продольному 0–0 профилю, проходящему через центр могильника, продолжались до выхода нормального поля. Контроль за измерением производился на выбранной точке вне могильника, где измерения выполнялись в начале и в конце работы. Контроль за качеством полевых наблюдений осуществлялся также в точках пересечения поперечных профилей с продольными. Схема магнитометрических профилей приведена на рис. 113.



Рис. 113. Схема расположения геофизических точек и профилей на могильнике

Исследования методом ВЭЗ носили профильный характер и выполнялись по продольному профилю 0–0. Расположение точек ВЭЗ также отмечено на рис. 113. Азимут разносов АВ в основном совпадал по линии профиля. Так как глубина исследования ограничивалась до 10м, то величина разносов колебалась от 130 до 200м. Отметим, что такие значения разносов обеспечили глубину исследования 20 м и более.

Характерные кривые ВЭЗ приведены на рис. 114. Кривые вертикального электрического зондирования интерпретировались на РС по программе IP12Win V.2.0, разработанной сотрудниками геологического факультета МГУ (Bobachev et al., 2001).

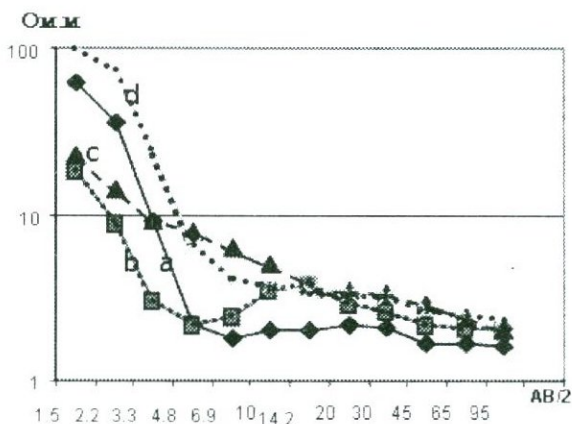


Рис. 114. Характерные кривые ВЭЗ оползневого участка могильника ядохимикатов

На основе анализа кривых ВЭЗ величина разноса (АВ) электропрофилирования была выбрана в 40 м.

Результаты магниторазведки представлены на рисунках 115 и 116.

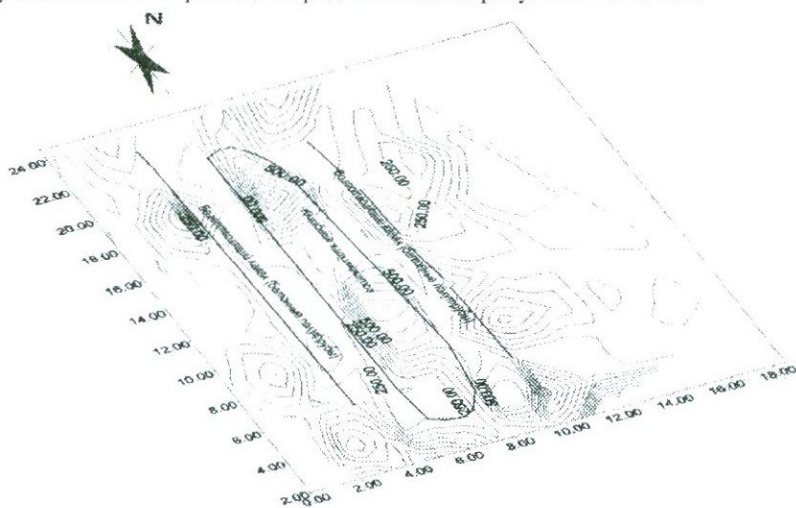


Рис. 115. Карта dТ, полученная над могильником

Анализ карты dТ показывает отсутствие бетонного покрытия. Локальные максимумы могли быть обусловлены металлическими тарами ядохимикатов, либо негодным металлическим оборудованием, кусками бетонных плит, захороненных вместе с ядохимикатами. Северная аномалия dТ могла быть связана и с бетонными трубами водоотводящего канала, смещенными и захороненными небольшим оползнем. Из вышеизложенного вытекает, что бетонная конструкция и бетонное покрытие над захоронением отсутствуют.

С помощью электропрофилирования картируются границы смещения оползня (рис.116).



Рис. 117. Графики электропрофиллирования и магнитометрии по продольному профилю могильника

Характер геоэлектрического разреза в пределах могильника (ВЭЗ 8 – ВЭЗ 5) отличается от окружающей среды, и удельное электрическое сопротивление последнего слоя равно 1.6 Ом.м, что свойственно глинам и суглинкам (рис. 117).

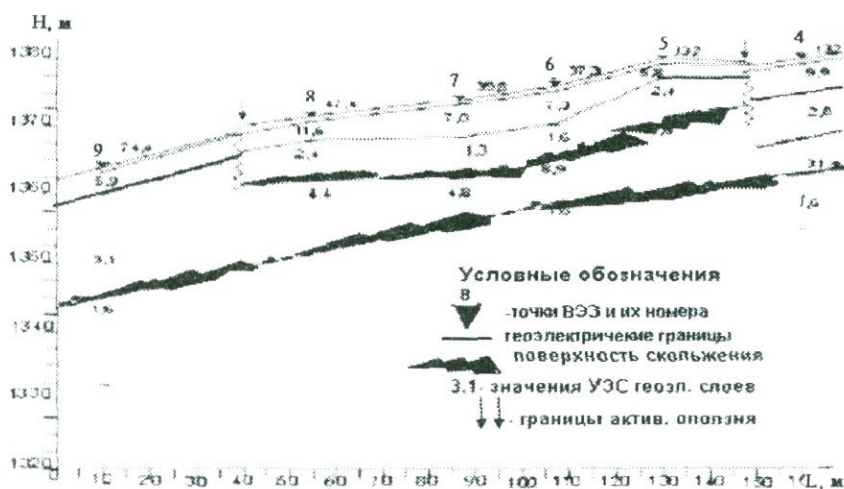


Рис. 117. Геоэлектрический разрез над могильником ядохимикатов

В пределах могильника (данные ВЭЗ 8 – ВЭЗ 5) мощность почвенного слоя составляет 0.75 – 0.8 м, а удельное электрическое сопротивление – 33.7 – 74.4 Ом.м. Параметры второго слоя составляют: мощность от 1.9 до 5.1 м, удельное электрическое сопротивление – 5.8 – 11.6 Ом.м. Данный слой, по данным бурения, представлен глинами, а в пределах ВЭЗ 7 и ВЭЗ 6, начиная с глубины 1.8 м – паста ядохимикатов с лентами мешков полиэтилена. Бурение вблизи ВЭЗ 8, на глубине 2.9 – 3.0 м, показало слой ядохимикатов. Отметим, что глубина ручного бурения ограничивалась 3.0 м. Эти данные свидетельствуют о том, что мощность покрова могильника колеблется в пределах 1.8 – 3.2 м.

Так как ядохимикаты в сухом, порошкообразном состоянии являются непроводящим материалом, а их паста (второй геоэлектрический слой) имеет УЭС 5.8 – 11.6 Ом.м, то слой под пастой ядохимикатов с сопротивлением 1.3 – 2.4 Ом.м должен быть ядохимикатом в более жидком состоянии, чем паста.

Под третьим слоем залегают породы, удельное электрическое сопротивление которых изменяется от 4.5 до 8.9 Ом.м, что характерно для глинисто – суглинистых грунтов (по данным ВЭЗ, ВЭЗ 6–8), которые могут служить поверхностью скольжения.

Обобщая анализ геофизических исследований, можно констатировать следующее.

1. Конструкция могильника земляная, без бетонных дниц и покрытий.
2. Покрытие захоронения ядохимикатов грунтовое, представленное почвенным слоем суглинистого состава мощностью 0,75–0,8 м и глинистым слоем мощностью 2,0–3,0 м. Общая мощность изменяется от 1,8 до 3,2 м.
3. Образовавшиеся трещины на покрытии захоронения способствовали проникновению атмосферных осадков в глубь ядохимикатов, превращая их в пастообразное и жидкое состояние.
4. Глубина заложения могильника, по данным ВЭЗ, изменяется от 7,8 до 10,4 м. Подошва захоронения является первой поверхностью скольжения.
5. Вторая, древняя активизировавшаяся поверхность скольжения находится на глубине 13–18 м.
6. Внезапный прорыв могильника, находящегося на активном оползне, приведет к экологической катастрофе окружающей среды, создаст угрозу безопасности людей поселений Шорахбюр, Вардашен, общины Эребуни г. Еревана.

С целью обеспечения безопасности населения проведены восстановительные и очистительные работы в водоотводящих каналах вокруг кладбища и в северной части участка, установлены проволочные ограждения вокруг могильника и т.п.

В целях стабилизации оползня, на котором находится могильник ядохимикатов, необходимо провести:

- детальные геолого–геофизические исследования на языковой части оползня,
- противооползневые мероприятия на конце языковой части оползня,
- противofiltrационные работы на территории активизировавшегося оползня и трещиноватых участках покрытия захоронения.

7.2. Вохчабердский участок

В связи с обострением оползневой ситуации на территории Вохчабердского поселения (десяток разрушенных, поврежденных и опасных для проживания домов), рассматривался вариант выделения земель на восточной окраине села для семей, пострадавших от оползневых процессов. С этой целью институтом "Арминжпроект" проводились комплексные инженерно – геологические исследования для обоснования освоения данной территории, в том числе и вопрос устойчивости склона к оползневым явлениям. Перед геофизическими методами исследования была поставлена задача провести литологическое расчленение участка до глубины 50–60 м, с частотой 150–200 м и по возможности определить возможные поверхности скольжения. Для решения поставленной задачи, с учетом сложности дневной поверхности (крутые склоны, обрывы), было проведено электрическое зондирование с установками Шлюмберже (ВЭЗ) и ортогональными – односторонними установками Гуммеля. Расположение точек электрических зондирований приведено на рис. 118.

Решение прямой задачи позволило определить длину максимальных полуразносов ($AB/2$), которая равняется 250 – 300 м. С целью учета искажающего влияния рельефа, а также для изучения характера анизотропии геоэлектрического разреза выполнены крестовые ВЭЗ (КВЗ), азимут разносов которых совпадал с азимутом склона и был перпендикулярен к нему. С целью определения УЭС на обнажениях, супесчаных грунтах, на болотистой местности – выходах родников были выполнены параметрические зондирования.

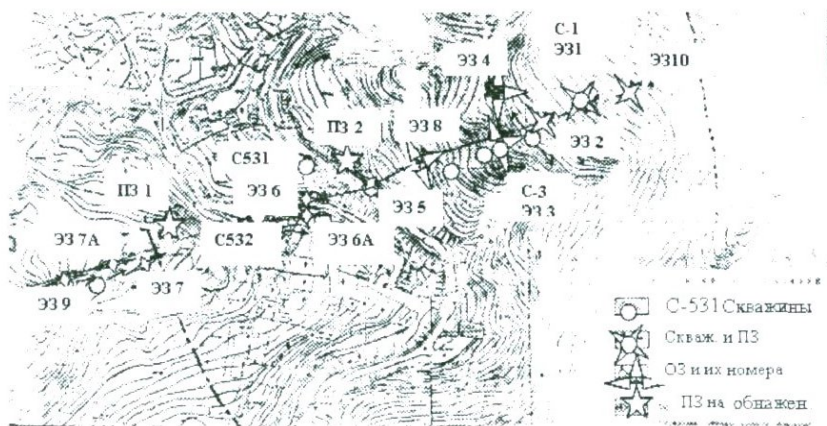


Рис. 118. Схема расположения точек электрических зондирований на участке "Восточный" Вохчабероского поселения

Односторонние ЭЗ выполнялись с помощью измерителя кажущегося сопротивления ИКС-1, аппаратурой низкой частоты – АПЧ-3, контрольные измерения выполнялись и электронным автокомпенсатором – АЭ-72. Применение ИКС-1 на точке ВЗ 5, около дороги, привело к искажению данных измерений, обусловленных трубопроводом, проходящим параллельно дорог. Искаженная кривая приведена на рис. 119.

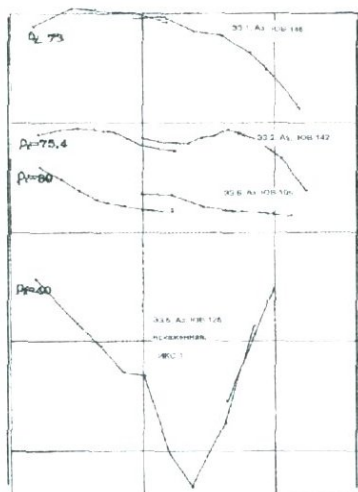


Рис. 119. Характерные и искаженные (нижняя) кривые ЭЗ участка "Восточный" Вохчабероского поселения

С целью исключения искажающего влияния трубопровода, работа выполнена повторно с помощью постоянного тока аппаратурой АЭ-72.

Характерные и искаженные кривые электрических зондирований участка приведены на рис. 119. По данным КВЗ рассчитывались значения кажущегося коэффициента анизотропии (ККА). Значение ККА рассчитывалось по формуле

$$ККА = (R_{0ki \max} / R_{0ki \min})^{0.5},$$

где $R_{\text{ок}}^{\text{max}}$ и $R_{\text{ок}}^{\text{min}}$ максимальные и минимальные значения кажущегося удельного электрического сопротивления i – него разности. По полученным данным построен график ККА, который приведен на рис. 120.

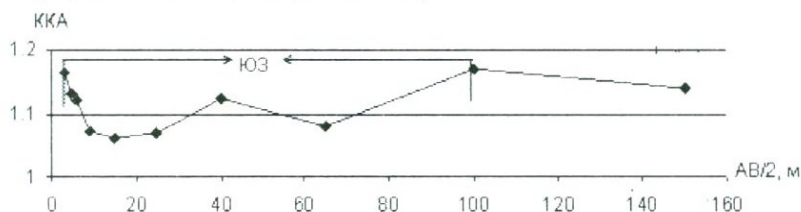


Рис. 120. График коэффициента кажущейся анизотропии участка "Восточный" Вохчаберского поселения

Кривые ЭЗ интерпретировались с помощью персонального компьютера (ПК) с программой, разработанной В.А. Шевниным и любезно предоставленной нам. При интерпретации использовались все программные возможности. Идентификация геоэлектрических разрезов производилась с учетом УЭС параметрических зондирований, разрезов скважин, имеющих на площади, соотношения мощностей нижележащих к вышележащим толщам. В результате анализа всех данных построен геоэлектрический разрез, который представлен на рис. 121.

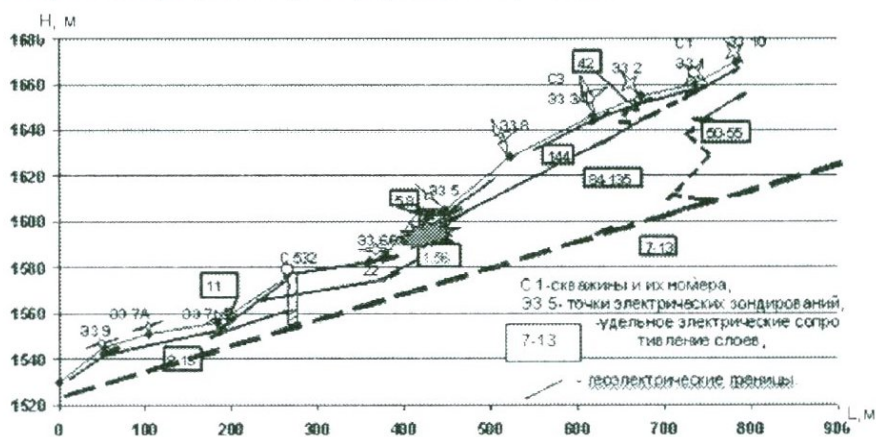


Рис. 121. Геоэлектрический разрез по продольному профилю "Восточный" оползневого поселения Вохчабер

Представленный геоэлектрический разрез довольно сложный, со многими пересекающимися и предполагаемыми границами. Имеющиеся скважины неглубокие – 22–35 м глубиной. Геологический разрез скважин представлен суглинками, щебнем, глинисто-суглинистыми слоями мощностью 2–5 м, цементированными гравийно-галечными (конгломерат?) отложениями, которые в верхних отметках (ПК 500 – 900) являются последним слоем. В нижних гипсометрических отметках (пк 0 – 350) последним слоем являются аргиллиты, мощность которых не установлена. По данным скважин, уровень грунтовых вод (УГВ) не установлен.

Совместный анализ геоэлектрического разреза с разрезами скважин позволяет прийти к следующему заключению.

- Нижним инженерно-геологическим горизонтом повсеместно является геоэлектрический горизонт с удельным электрическим сопротивлением 7 – 13 Ом.м,

отождествленным нами с глинами и глинисто-суглинистыми отложениями. Глубина залегания данного слоя от дневной поверхности колеблется от 51 (ЭЗ 10) до 7 м (ЭЗ 8).

- Локальным водоупором является вышеупомянутый горизонт с глубиной залегания от дневной поверхности от 9 до 51 м.

- Поскольку скважины сухие, то породы находятся в состоянии естественной влажности, поэтому вышележащий от нижнего горизонт с удельным электрическим сопротивлением 50-55 Ом.м представлен алевролитами, а горизонты с УЭС 84-144 Ом.м – конгломератами или слабосцементированными гравийно-галечными образованиями, с сопротивлением 20-44 Ом.м – те же образования с глинисто-суглинистым заполнителем или с их прослойками.

- От дневной поверхности до описанных горизонтов залегают почвенный слой с самыми разными значениями УЭС, а под ними – суглинки, щебень, глинисто-суглинистые образования.

- Значение коэффициента кажущейся анизотропии изменяется в пределах от 1,1 до 1,2. Господствующее направление трещиноватости и пористости является ЮЗ, за исключением последнего разноса, характеризующего глинистые породы, где трещиноватость и пористость имеют СВ направление.

- Сезонный уровень грунтовых вод находится незначительно выше от локального водоупора, так как водонасыщенный слой маломощный и не выделяется как отдельный геоэлектрический горизонт.

- Кровля вышеупомянутого геоэлектрического горизонта с УЭС 7 – 13 Ом.м является предполагаемой основной поверхностью скольжения оползней.

- Локальные оползни мощностью от 5 до 15-20 м возникнут после освоения территории. Подтверждением этому являются результаты ЭЗ 5, по данным которого уже образовалась оползнеопасная масса с УЭС 1,56 Ом.м. Причиной образования этой массы является земляная канава, сформировавшаяся между повышением профиля асфальтированной дороги и рельефом дневной поверхности. Впоследствии на этом участке дорог произошел оползень, который подтвердил наши выводы.

7.3. Участок "Кладбище" с. Вохчаберд

Вохчабердский оползневой участок "Кладбище" включает в себя южные и юго-западные части территории одноименного селения. Территория изучения, расположение профилей и точек наблюдений показаны на рис. 122.

Оползневой участок представлен многоярусным строением, со стенками срыва от 40см до 1,5 м и выше. Обнаженные породы представлены сухими суглинками, супесями с глинистыми прослойками, ниже которых залегают аргиллиты, алевролиты с глинисто-суглинистыми образованиями. Оползневые процессы изучались методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), симметричного электропрофилирования (СЭП), профилированием срединного градиента (СН), методом естественного электрического поля (МЭП).

Из-за сложности рельефа, искусственных преград (многочисленных проволочных оград и заборов, строений) основные исследования были сконцентрированы по линии АА (рис. 122), проходящей по сравнительно устойчивому склону, затем по вновь формирующемуся и по активному оползневому телу. По профилю АА выполнялись электрические зондирования, электропрофилирования установкой Шлюмберже (СЭП), и центральный профиль срединного градиента, а также наблюдения симметричного электропрофилирования. Параллельно линии АА проходили линии наблюдения по методу срединного градиента. Рассмотрим результаты каждого метода в отдельности.



Рис.122. Схема расположения электроразведочных точек и профилей (1987г) на оползневом участке "Кладбище" Вохчаберского поселения

Метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Исследования велись по продольному профилю, за исключением точки ВЭЗ–6, которая расположена западнее от него (рис. 122). Максимальный полуразнос, в зависимости от рельефа местности, изменялся в пределах 100 – 150м. Полученные кривые многослойные, с ниспадающими ветвями, кажущееся удельное электрическое сопротивление нижнего слоя меньше, чем предыдущего (типа QQ). Кривые ВЭЗ переинтерпретированы уже упомянутой программой IP12Win (Bobachev et al., 2001). При интерпретации и выборе параметров геоэлектрических слоев учитывались мощность и типы пород оползневых обнажений, расстояния точки ВЭЗ от бровки срыва оползня, состояние и характер оползневой массы, отметка выходов родников и их взаимосвязь с геоэлектрическими границами и др. Построенный геоэлектрический разрез представлен на рис. 123.

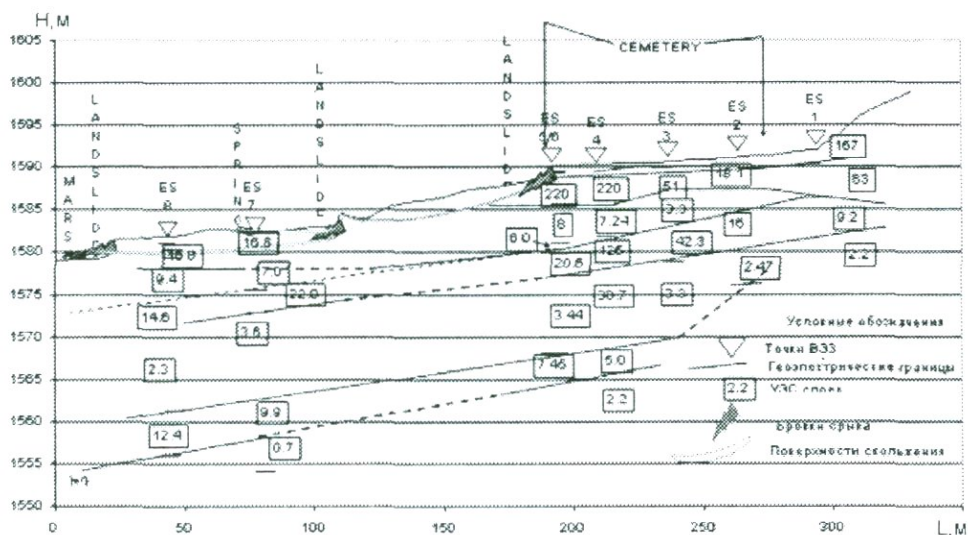


Рис. 123. Геоэлектрический разрез по линии АА оползневого участка Вохчаберского кладбища

Согласно геоэлектрическому разрезу, мощность существующих оползневых тел изменяется от нескольких сантиметров до 2–3 м. Как правило, поверхностями скольжения служат геоэлектрические слои с низкими удельными электрическими сопротивлениями, которые присущи глинистым и глинисто-суглинистым образованиям. В пределах кладбища появление новых оползней будут связаны с поверхностью геоэлектрического горизонта, УЭС которого изменяется от 6 до 9 Ом.м. Мощность этих тел изменится от 2 (в пределах ВЭЗ 2) до 5м (в пределах ВЭЗ 4 и ВЭЗ 5). На вероятность появления новых оползневых тел указывают и зоны скрытой трещиноватости, выявленные по данным электропрофилирования и метода естественного электрического поля (рис. 124–126). В качестве региональной поверхности скольжения служит геоэлектрический горизонт, УЭС которого изменяется от 0.7 до 2.2 Ом.м. Глубина залегания региональной поверхности скольжения в пределах разреза колеблется от 1570 до 1553м.

Электропрофилирование (ЭП). Электропрофилирование в комплексе с другими методами электроразведки применялось для определения состояния склона в целом, для выявления скрытой трещиноватости, обводненных зон и их картирования. Как уже было сказано, применялось симметричное электропрофилирование и профилирование установкой срединного градиента. Рассмотрим результаты симметричного электропрофилирования.

Анализ кривых ВЭЗ показал, что наиболее полное представление о состоянии склона и оползневых тел дает полуразнос, величина которого равна 50–60 м. Поэтому электропрофилирование выполнено с установкой, параметры которого равны: $AB/2=50$ м, $MN=12$ м, шаг измерения 12 м, а в местах вблизи бровки срыва оползней, резких изменений значений кажущихся удельных электрических сопротивлений ($KУЭС$) шаг измерений составлял 6 м (на представленном рис. 124 детализированные точки отсутствуют).

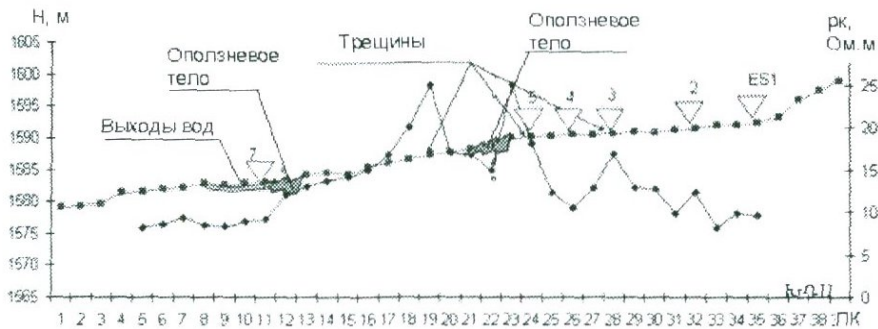


Рис. 124. График электропрофиллирования ($AB\ 2=50м$, $MN=12м$, $dx=6 м$)
Стрелками указаны зоны скрытой трещиноватости

График КУЭС (Rok) по линии АА представлен на рис. 125. Низкие значения Rok (до 10 Ом.м) в точках наблюдения 5–11 связаны с низкоомным геоэлектрическим разрезом участка, водонасыщенной почвой (оползневая масса), с выходом родников в языковой части оползня. В точках наблюдения 12–17 оползневая масса сравнительно обезвожена (гравитационная вода из оползневой массы инфильтровалась к нижним отметкам, поэтому значения Rok выше, чем на предыдущем участке. Наблюденные высокие значения в точках 19, 23 и 28 (на графике указаны стрелками) связаны со скрытой трещиноватостью.

Зафиксированные высокие значения Rok (24,9 и 16,9 Ом.м) в этих точках не связаны с геоэлектрическим разрезом, так как в пределах ВЭЗ 4 геоэлектрический разрез представлен слоями, УЭС которых выше, чем в пределах ВЭЗ 5, в то время как в пределах точки ВЭЗ 4 на графике Rok наблюдается минимум. Низкие значения Rok в пределах ВЭЗ 4 ВЭЗ 1 свидетельствует о приближении низкоомного горизонта к поверхности (ВЭЗ 1 и 2), а также об обводненности отдельных слоев разреза (ВЭЗ 3–1).

График электропрофиллирования **срединного градиента** приведен на рис. 125.

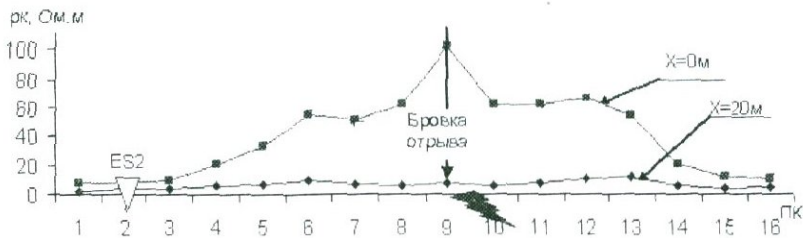


Рис. 125. График электропрофиллирования срединного градиента, $AB\ 2=150м$, $MN=24$, шаг измерения 12м

Длина $AB/2=150м$, $MN=24м$, шаг измерения 12м. Анализ графика показывает, что последний график менее дифференцирован, чем график симметричного электропрофиллирования и это понятно, так как величина полуразноса намного больше, следовательно, охватывает большие глубины, чем симметричное электропрофиллирование и оползневые тела. На расстоянии 20 м от бровки срыва оползня, на графике Rok срединного градиента оползневые признаки не наблюдаются.

Метод естественного электрического поля применялся наряду с другими методами для выяснения вопросов устойчивости оползневой склона, зон фильтрации, зон разгрузки инфильтрационных вод. Результаты работ представлены на рис. 126. Во время интерпретации графиков МЕЭП особое внимание уделено на наличие металлических заземленных предметов, труб, которые являлись причиной аномально

высоких значений локальных естественных электрических полей, бровок отрыва оползней, выходов родников (переход от положительных к отрицательным значениям на ПК 12), смена состава пород (оползневая масса от ПК 0 до ПК 24, почвенно-растительный – техногенный слой от ПК 24 до ПК 39), зон инфильтрации поливных вод у деревьев и цветов могил (ПК 23–ПК 33) и зоны инфильтрации вод оползневых масс и транзита инфильтрационных вод (ПК 12–23), зон частичной разгрузки инфильтрационных вод и др. С учетом всех этих факторов и процессов необходимо интерпретировать данный график.



Рис. 126. График метода естественного электрического поля оползневой участка Вохчабердского кладбища. Съемка способом потенциала с шагом 10 м, ES 5 – точки электрического зондирования

На графике метода естественного поля (МЕП) наглядно выделяются три зоны. Первая зона со значением ЕП, изменяющимся от +10.9 до +14 мВ, вторая зона охватывающая точки наблюдения 12–34 с преобладающим значением ЕП от –3 до –9 мВ, среди которых наблюдаются и значения ЕП –12.5 и –20.5 мВ (пункты наблюдения 12 и 33), и +4.4 и +9.0 мВ (на пунктах наблюдения 36 и 23) и третья зона между точками наблюдения 35–40. Первая зона является зоной разгрузки гравитационных, поливных вод участка, вторая зона – зоной инфильтрации и транзита этих вод, третья зона связана с техногенным фактором – наличием влияния оросительных металлических труб и металлических заграждений могил.

Анализируя вышеизложенное можно констатировать, что в геолого-геофизических условиях оползневой участка Вохчабердского кладбища электроразведочными методами установлено:

- Мощность существующих оползневых тел изменяется от нескольких сантиметров до 2–3 м.
- Поверхностями скольжения служат геоэлектрические слои с низкими удельными электрическими сопротивлениями (0,7-9 Ом.м), которые присущи глинистым и глинисто-суглинистым образованиям.
- В пределах кладбища появление новых оползней будет происходить вблизи ВЭЗ 4 и ВЭЗ 5 с максимальной мощностью 2–5 м.
- Зоны скрытой трещиноватости выявленные по данным электропрофилирования и метода естественного электрического поля (рис. 125 и 126).
- Региональной поверхностью скольжения служит геоэлектрический горизонт, УЭС которого изменяется от 0.7 до 2.2 Ом.м. Глубина залегания региональной поверхности скольжения в пределах разреза колеблется от 1570 до 1553 м.
- Региональный водоупор служит региональной поверхностью скольжения.

§8. Геофизические исследования территории Капанской агломерации

Геофизическое изучение территории Капанской городской агломерации началось во второй половине 1960г. сотрудниками геологического факультета Ереванского государственного университета под руководством Г.М.Ванцяна и А.А. Огильви (Григорян, 1973; Огильви, 1990). Оно составляло часть инженерно-геологических исследований оползневой мониторинга, проводимого Управлением геологии Совета Министров Арм. ССР. В 1980–90 гг. геофизические работы велись институтом “Арминжпроект”, результаты которых легли в основу программ противооползневых мероприятий Капанской агломерации.

С помощью геофизических методов были определены мощность оползневого тела, поверхность скольжения, инженерно-геологические условия склона, дан прогноз устойчивости склона.

8.1. Результаты электроразведочных работ

Андраникашенский оползневой участок. Совместный анализ данных электро-профилирования и электрических зондирований и личных наблюдений на месте позволили построить геоэлектрический разрез, на котором выделены четыре зоны оползнеобразования. Вероятная поверхность скольжения первой (верхней) зоны длиной 220 м находится между наблюдательными пунктами 7 – 28, на глубине от 3 до 5,3 м. Вторая, нижняя, находится на глубине 10,5 – 12,2 м, длина поверхности скольжения составляет 260 м. Удельное электрическое сопротивление первой и второй зоны составляет 14–15 Ом.м и может быть представлено водонасыщенными супесчанистыми образованиями. Находятся они по соседству с кладбищем одноименного участка (рис. 127).

Третья и четвертая зоны находятся между наблюдательными пунктами 58–67 и 60–72 соответственно. Длина третьей зоны (верхней) составляет 85 м, а четвертой – 215 м. Вероятная поверхность скольжения третьей зоны, по данным ЭЗ 8, находится на глубине 2 м, а четвертой зоны, по данным ЭЗ 5 – 19,5 м, а по данным ЭЗ 8 – 7,2 м. Удельное электрическое сопротивление грунтов, залегающих непосредственно над поверхностью скольжения, колеблется от 10 до 14 Ом.м и, как и в первом случае, они могут быть представлены водонасыщенными супесчанистыми образованиями. Движение оползневых тел происходит перпендикулярно к профилю и имеет направление к руслу реки.

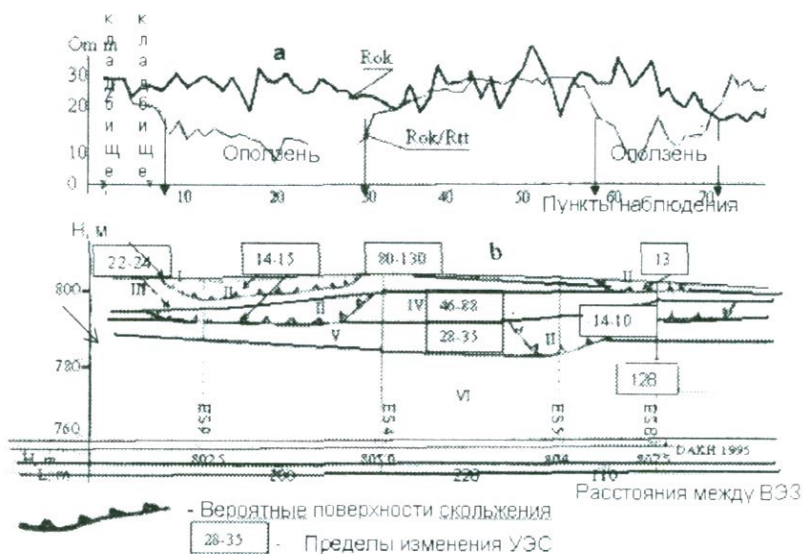


Рис. 127. Результаты электроразведочных исследований по профилю оползневой участка Андрианикашен Капанской агломерации РА: I - почвенно-растительный слой, II - водонасыщенная супесчаная оползневая масса, III - супесчаные грунты, IV - песчано-дресвяно-щебенистые грунты, V - песчано-супесчаные грунты, VI - коренные скальные породы

Оползневой участок Арпик. На оползневом участке Арпик, как и на других участках, электрические зондирования выполнены установками Шломберже и Веннера. Один из геоэлектрических разрезов участка приведен на рис. 128. Отметим, что для кривой точки ЭЗ 2 внесены поправки за рельеф и высоту бровки срыва оползня. Электрические зондирования позволили определить мощность ожидаемого и активизировавшегося оползневой тела, глубины залегания и формы поверхности скольжения. Так, по данным ЭЗ 3 и 4, мощность оползневой тела изменяется от 13,5 м до 16,5 м, а протяженность оползня по профилю составляет 56 м. По данным ЭЗ 2, из-за отсутствия подпора вероятно появление второго оползня мощностью 2,3 м; поверхностью скольжения будет служить подошва второго геоэлектрического горизонта с УЭС 15 Ом.м, а в дальнейшем, в силу неблагоприятных обстоятельств, и еще одного оползня мощностью 7,7 м. Не исключена возможность возникновения оползня, параллельно уже существующему мощностью 10 м. Развитию такого сценария способствуют и геоморфологические условия: направление и уклон склона.

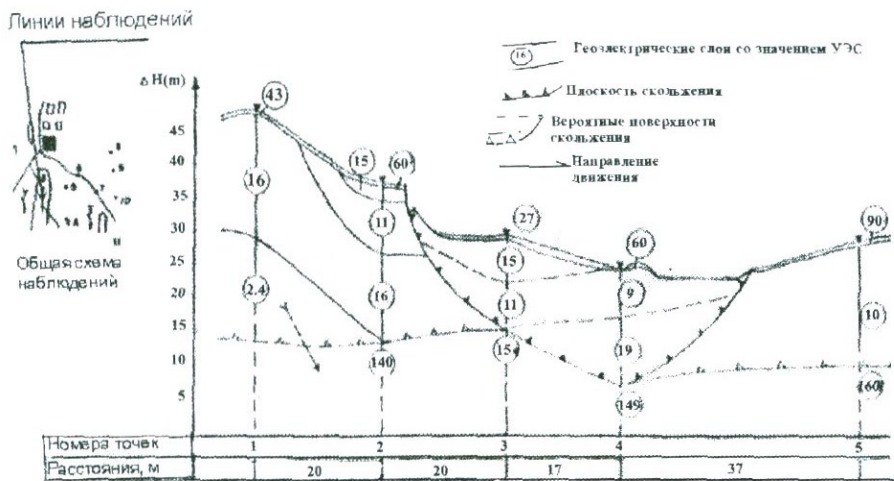


Рис. 128. Геоэлектрический разрез оползневой участка Арник. Слева сверху показан общий план домов, расположенных точек ЭЗ и профиля наблюдения, на разрезе в кружочках указаны значение УЭС геоэлектрических слоев, черными зубцами - поверхность скольжения по данным ЭЗ, светлыми - предполагаемая поверхность скольжения, стрелками указаны предполагаемые направления движения оползневой массы

Оползневой участок Привокзальный. Оползневой участок Вокзальный (Привокзальный) активизировался до 1960г. Геофизические исследования проводились еще в конце 60-х годов (Григорян, 1972). Здесь приводится геоэлектрический разрез (рис. 129) по исследованиям, выполненным в 1995г. Целью исследований являлось изучение устойчивости древнего оползня, проявившего признаки активизации. Исследование велось методами электрических зондирований. Анализ геоэлектрического разреза показывает, что первый геоэлектрический горизонт представлен почвенно-растительным слоем с удельным электрическим сопротивлением 32–53 Ом.м. Второй геоэлектрический слой по профилю непостоянен, и в зависимости от гранулометрического состава грунта значение УЭС изменяется от 8 до 26 Ом.м. Согласно данным бурения, в пределах глубин второго слоя залегают глинисто-суглинистые, суглинисто-супесчаные образования. Поэтому нами геоэлектрические слои с УЭС 8–9 Ом.м отождествлены с глинисто-суглинистыми образованиями, а 12–17 Ом.м – с суглинистыми образованиями. Так как на древнем, стабилизировавшемся оползне наблюдались УЭС со значением 8 Ом.м, то второй и третий слои с учетом характера геолого-геоэлектрического разреза и геоморфологических особенностей района приняты как наиболее нестабильные и подверженные оползанию. Подвижки оползня в западной части профиля имеют западное направление, к р. Вачаган, а в центральной и восточной частях профиля оползневые потоки имеют северное и северо-восточное направление, то есть, к железнодорожному вокзалу. Глубина предполагаемой поверхности скольжения в западной части разреза составляет 8, а в последующем – 40 м, центральной части – от 5 до 16 м. Под вторым и третьим слоем залегают четвертый и пятый слои со значениями УЭС от 24–30 до 47–51 Ом.м, соответственно. Четвертый слой отождествлен с супесчанистыми образованиями с грубообломочным заполнителем, а пятый слой – с щебенисто-дресвяно-валунно-галечными образованиями. Скальные породы, порфириды, туфопорфириды, андезито-базальты,

вскрытые скв. 18 на глубине 76 м. по данным ЭЗ, не выявлены из-за их малых разросов. На этом участке есть расхождение с данными бурения и электрических зондирований. Так, по данным скв. 7, на глубине 21 м вскрыты порфириты, туфопорфириты. Здесь значение УЭС, по данным ЭЗ, колеблется от 9 до 20 Ом.м. По аналогии с Дилижанским оползевым участком порфириты или туфопорфириты сильно измененные, выветрелые, раздробленные; возможно, они являются не результатом выветривания коренных пород, а глыбами, сползшими из верхних частей склона.

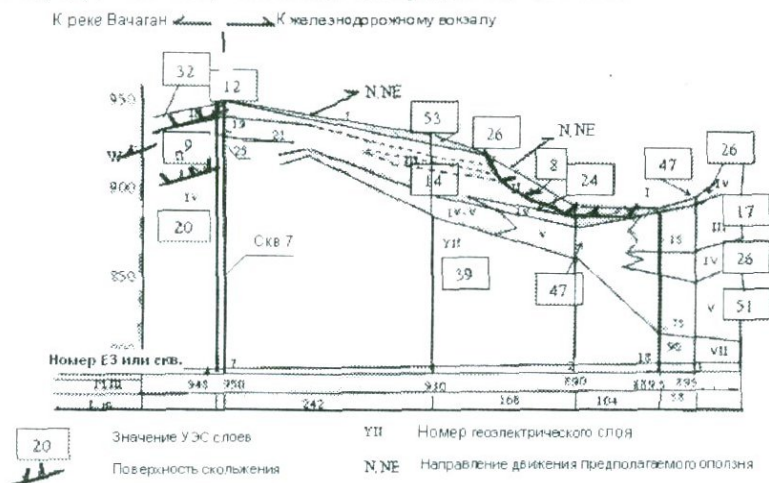


Рис. 129. Геoeлектрический разрез оползевое участка Привокзальный Капанской агломерации

Таким образом, с помощью геофизических методов исследований на разных участках Капанской агломерации определены мощность оползневых тел, поверхность скольжения, инженерно-геологические условия склона и выполнен прогноз устойчивости склона.

Глава девятая

СТРУКТУРА РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ОПОЛЗНЕПРОЯВЛЕНИЯ В АРМЕНИИ

§1. Основные положения

Качественная и количественная оценки устойчивости склонов, а также достоверный прогноз опасности и рисков проявления экзогенных процессов различного генезиса, в том числе антропогенного, создаваемого при хозяйственном освоении территорий, могут быть получены на основе комплексной методики, определяющей факторы и индикаторы изменчивости природной среды, ее устойчивости и безопасной эксплуатации природно-техногенной среды (ИТС).

Принципиальные закономерности проявления оползневой процесса заключаются в том, что оползневой процесс является унаследованным и необратимым, что выражается в причинно-следственной зависимости деформирования склонов от определенных факторов.

Унаследованность оползневой процесса заключается в его взаимосвязи с предшествующей историей геологического развития склонов, что предопределяет использование методик оценки, базирующихся на геологических аналогах, опирающихся на накопленный опыт изучения оползневой процесса и этапы формирования склонов в конкретной природной обстановке.

Основным механизмом прогноза деформирования склонов является использование механико-математических принципов расчета устойчивости склонов с последующей целью количественной оценки проявления оползневых смещений и их последствий.

Оценку и прогноз устойчивости склона необходимо проводить в конкретный момент его формирования. Именно с этим временным фактором следует планировать осуществление стабилизирующих мероприятий. В противном случае из-за пространственно-временного изменения условий оползнеобразования эффективность их может быть сведена к нулю.

Многолетняя отечественная практика по предотвращению склоновых гравитационных процессов, качественной и количественной оценок степени их активизации показала, что планирование и реализация мероприятий инженерной защиты (ИЗТ) должны осуществляться заблаговременно, в стадии формирования оползневых отложений.

Механизм современной качественной и количественной оценки опасности и риска оползнепроявления базируется на мониторинговом контроле изменчивости геотехнических условий, моделировании процесса смещения, расчетно-оптимальных исследований устойчивости оползневого участка и склона в целом и прогноза возможного экстремального развития оползневой процесса (Гулакян и др., 1977; Емельянова, 1972; Цветков, 1979; Шахунянц и др., 1961).

Эффективность современной методики количественной оценки устойчивости склонов во многом определяется возможностями ее практической реализации, предусматривающей реализацию относительно простых методических приемов и способов, позволяющих оперативно использовать ГИС на разных этапах ведения изыскательских и исследовательских работ, обосновывающих мероприятия инженерной защиты и их эффективность в достижении стабилизации оползневых смещений, что подтверждается опытом проведения исследований практически на всех тестовых оползневых участках. В основу количественной оценки стабильности склонов положен принцип определения коэффициента устойчивости (K_y), который определяется соотношением сдвигающих и

удерживающих сил по поверхности смещения оползневой массы. В основном принято выделять следующие категории склонов: устойчивые ($K_s > 1$) и неустойчивые ($K_s < 1$). Нами рекомендуется ранжировать диапазоны устойчивости следующим образом (табл.38).

Таблица 38.

Градации склонов по коэффициентам устойчивости

K_s	состояние склона
0,8 и <	неустойчивое
0,8-1,0	уравновешенное
> 1,0-1,5	устойчивое
1,5 и <	вполне устойчивое

Предлагаемая градация эффективна с точки зрения последующего реального и перспективного районирования активных оползневых блоков с целью выделения динамически активных зон.

В последние годы географические информационные системы (ГИС) с их возможностями обработки данных с учетом пространственных и временных параметров нашли широкое применение в практике качественной и количественной оценки опасности и риска проявления и активизации оползней различного генезиса и в разработке управленческих решений по безопасной эксплуатации территорий.

Необходимость применения ГИС с этой целью обосновывается возможностями этой системы, заключающимися в комплексном и поэтапном по времени режимом оползневой процесса: сборе данных (полевые исследования), вводе данных (камеральные и лабораторные), визуализации, анализе ситуации, механико-математическом моделировании в ГИС, прогнозировании реального и вероятностно-экстремального развития оползневой массы. Системой ГИС также предусматривается реализация картирования и визуализация природных и прогнозных ситуаций на основе алгоритмов и функций пространственно распределенных данных, что создает возможности эффективного ее использования в качестве механизма анализа стабильности склона, основываясь на геотехнических и географических моделях ГИС.

Один из простейших способов авторизации и автоматизации технологического процесса и расчетов в ArcGIS – это создание модели. В данном случае модель состоит из ряда последовательно связанных процессов, учитывающих набор необходимых вводимых данных и функций для расчета трехмерной модели (3D) коэффициента устойчивости оползневой массы.

Модель выделяет только те факторы, которые важны для уточнения технологии оползневой смещения и создает упрощенный, поддающийся управлению вид конкретной оползневой ситуации.

Модель в рамках ГИС позволяет осуществлять контроль за развитием природно-технологического и технологического опасного процесса, вносить и корректировать изменения инженерно-геологических и геотехнических характеристик, преследующих цели стабилизации оползневой массы, в том числе и после реализации ИЗТ.

Практически, предлагаемая модель оползневой массы в рамках ArcGIS 9.3 является визуализацией реальной ситуации в трехмерной проекции географических координат: топографии территории, стратиграфических параметров, геометрии зеркала скольжения, уровня грунтовых вод и физико-механических и динамических свойств грунтов, слагающих склон.

Посредством данной системы возможна реализация моделирования качественной и количественной оценок территории, пораженной оползневыми процессами.

Ранее стабильность склона вычислялась в одном или в двухмерном измерениях. В одномерных моделях расчет стабильности оценивает только условия устойчивости определенных пунктов (точек) на оползне, без учета боковых сил, влияющих на стабильность блока (по существу, одномерная модель).

В двухмерных моделях коэффициент устойчивости, как правило, рассчитывается по одному, максимум трем продольным профилям оползневого тела, совпадающим с основным вектором смещения оползневого блока.

Метод оценки коэффициента устойчивости оползневых участков использовался на территориях бывшего СССР и, естественно, в Армении вплоть до последних лет (Гулакян, 1987; Месчан, 1997; Степанян, 2007; Тер-Степанян, 1996; Ядоян и др., 1999).

В трехмерных моделях устойчивости склона рассчитывается стабильность всего тела оползня с учетом его объема и массы, а также с учетом всех физических и механических параметров и факторов. Большинство исследований базируется на использовании статистического метода для определения количественных отношений между сдвигающими и удерживающими силами, влияющими на устойчивость. Ряд сопоставительных исследований устойчивости был осуществлен с использованием ГИС и детерминированной модели для расчета устойчивости некоторыми зарубежными исследователями (Anbalagan, 1992; Carrara, 1995; Mowen Xie et al., 2003; Van Westen, 1993).

Очевидно, что склон – это трехмерная физическая величина, которая оценивает изменчивость среды даже на незначительных расстояниях, что определяет приоритетность использования трехмерной модели для анализа устойчивости склона.

В последние годы в зарубежной и отечественной практике оценки устойчивости склонов наметилась тенденция разработки трехмерной модели устойчивости (Hovland, 1977).

Следует отметить, что все вышеперечисленные методики моделирования базируются на принципе метода Монте Карло, в основе которого заложены положения о бесконечной круглоцилиндрической поверхности сдвига.

Условия устойчивости склона в трехмерной среде основываются на учете:

- отношения сдвигающих и удерживающих усилий;
- внутреннего трения между частицами грунта (параметры ϕ и c);
- степени внешних удерживающих воздействий на склон;
- динамики взаимодействия зон смещения и накопления.

Анализ материалов предыдущих и современных исследований и изысканий показал, что достоверная оценка опасной стабилизации оползневых процессов в Армении связана с поверхностью смещения склоновых рыхлых образований по контакту с коренными породами (являющимися естественным водоупором) без охвата последних с механизмом блочного смещения или течения.

На сегодняшний день в Армении используется сравнительно новый и опробованный отечественной и зарубежной практикой методический подход к качественной и количественной оценке устойчивости оползнеопасных склонов, базирующийся на основе ряда основных операций:

- формирование банков данных исторических и современных данных на основе уровня природно-техногенной изменчивости окружающей среды и основных факторов активизации оползневых процессов;
- реализация комплексных мониторинговых наземных (инженерно-геологических и фототеодолитных съемок) и дистанционных (аэро- и космических фотоснимков) исследований с целью уточнения геометрии оползневых тел, объектов и скоростей смещения, плоскости смещения и расчетных геотехнических параметров, слагающих склон оползневых накоплений;

- паспортизация оползневых склонов согласно современных ГИС технологий, обеспечивающих информативность и экспертную достоверность объекта исследования;
- расчетно-аналитические исследования по программе PC STABL 5M (двухмерное моделирование) (Program PC STABL 5M, 1995);
- моделирование оползневого процесса на основе разработанной расчетной модели оползневого процесса в среде ArcGIS 9.3 (трехмерное моделирование) с целью получения трехмерного коэффициента устойчивости, картирования дестабилизирующих склон зон возможного смещения (потенциального оползнепроявления);
- разработка мероприятий инженерной противооползневой защиты на основе моделирования и анализа распределения коэффициента устойчивости склоновых территорий в трехмерном пространстве.

§2. Принципиальная схема модели и геоинформационной системы ПТС (программное, информационное и расчетно-аналитическое обоснование)

Особенностью реальных геосистем является сложность оценки взаимного влияния внутренних и внешних связей, поэтому любая модель является лишь авторским приближением.

В разработке моделей очень удобен объектно-ориентировочный подход, который позволяет выделять разноуровневные объекты, их свойства и связи между ними.

Определяя с достаточной точностью основные структурные объекты геологической модели, приходится решать и более сложную задачу взаимовлияния отдельных параметров самой модели и факторов, влияющих на изменчивость среды как самой модели, так и составляющих ее объектов (природно-технических), что достигается математическими зависимостями.

Разработка природно-техногенной модели исследуемой территории базируется на реальных геометрических, географических, геоморфологических, инженерно-геологических и геотехнических параметрах, полученных в результате натуральных, лабораторных изысканий и исследований, подвергаемых экспертному анализу с целью получения достоверных расчетных параметров, формирующих ПТС объекта.

Важным этапом формирования модели является анализ информационного поля, объединяющего все физико-географические и механические параметры ПТС, подверженной оползневому смещению, в виде функций, реализованных с помощью программного обеспечения ArcGIS 9.3, используя Model builder и ряд его модулей.

За математическую основу построения рассматриваемой модели ПТС (в данном случае освоенных территорий на оползневых склонах) был принят метод Овланда, представляющий соотношение удерживающих и сдвигающих сил в виде выражения (1), являющимся прототипом формулы Маслова (1955):

$$K_y = \frac{cA + W \cos \alpha \tan \varphi}{W \sin \alpha} \quad (1)$$

где: c – сцепление грунта; A – площадь зеркала скольжения; W – вес грунта; φ – угол внутреннего трения; α – угол наклона зеркала скольжения.

Следует отметить, что в рамках поставленной задачи данный подход не учитывает в расчете ряд важных функциональных параметров (азимуты падения и простирания оснований каждой из отдельных колонок, сместившегося оползневого тела в трехмерном пространстве, а именно, географического расположения рассчитываемого сегмента зеркала скольжения и распределяемых в ее основании сил, а также фактора водонасыщенности грунтов, порового давления, изменения объемного веса глинистых грунтов при полном

водонасыщении, сейсмических воздействиях), что предопределяет необходимость модификации выражения (1), которое примет вид:

$$K_y = \frac{cA + (Z - z) \cos \alpha \tan \varphi}{(Z - z) \sin \alpha} \quad (2)$$

где: Z – абсолютная высота поверхности оползня (м); z – абсолютная высота зеркала скольжения (м).

Принимая во внимание влияние значения плотности грунта γ , влияющего на давление грунтовых масс, порового давления (ν) и сейсмического коэффициента (η), правомерно представить выражение (2) в виде:

$$3DK_y = \frac{\sum_y (cA + ((Z - z)\gamma \cos \alpha - \nu) \tan \varphi)}{\sum_y ((Z - z)\gamma \sin \alpha)} \quad (3)$$

где: c – сцепление грунта в зоне зеркала скольжения (кг/см^2); A – площадь зеркала скольжения каждой колонки (м^2); φ – угол внутреннего трения (град.); α – угол наклона зеркала скольжения (град.); γ – плотность грунтов по всему литологическому разрезу колонки (г/см^3); η – сейсмический коэффициент территории (принятый за 0,4) (Մեխանիկ շինարարության նախագծային նորմեր ՀՀԽՍ II – 2.02-2006), ν – поровое давление (John B.Ritter, 2004), рассчитываемое по следующей формуле:

$$\nu = Zw\gamma w \cos^2 \alpha, \quad (4)$$

Несколько соображений по учету в расчетах величины порового давления. В зарубежной практике для определения величины порового давления используются специальные пьезометры, по результатам измерений которых определяются расчетные (осредненные) характеристики величины порового давления и консолидации конкретных грунтов. В Армении такие измерения осуществлялись для оценки устойчивости искусственных гидротехнических (энергетических и мелиоративных) сооружений – плотин из грунтовых отложений и дамб хвостохранилищ.

Для оценки устойчивости естественных откосов, пораженных оползнепроявлением, экспериментальные значения величины порового давления определялись весьма редко, поэтому для расчетно-аналитического обоснования и учета в формуле (3) рекомендован метод сопоставления плотности грунта оползневого склона в естественном и водонасыщенном состоянии (Маслов, 1982; Мальшев, 2004).

С этой целью при определении устойчивости в формуле (3) при обосновании расчетного значения угла внутреннего трения грунтов оползневого склона φ было принято его фактическое значение, предложенное Масловым (1955), что позволило модифицировать формулу (3) и представить ее в следующем виде:

$$3DK_y = \frac{\sum_y (cA + ((Z - z) \frac{\gamma s - \gamma w}{1 + \left[\frac{(1+w)\gamma s - 1}{\gamma} \right]} \cos \alpha)) \tan \left(\frac{\gamma s b}{\gamma} \cdot \varphi \right)}{\sum_y ((Z - z)\gamma \sin \alpha)} \cdot \eta \quad (5)$$

где: γ_{sb} – плотность грунта при полном водонасыщении; γ_s – плотность частиц грунта (удельный вес); γ – плотность грунта (объемный вес) выше уровня грунтовых вод; γ_w – плотность воды; e – коэффициент пористости; w – влажность грунта (вессовая).

В системе ArcGIS решение вопроса распределения коэффициента устойчивости в трехмерной среде возможно реализовать посредством моделирования методом колонки и предложенной формулы (5) в Model builder (рис.130), используя методы интерполяции и корреляции параметров по данным бурения скважин или данным геофизических исследований (структурно-литологические и геотехнические свойства). Принимая за основу метод колонки, путем реализации в модели необходимых параметров методами интерполяций на основа вводимых данных возможно получение растровых тем и трехмерных моделей для дальнейших расчетов.

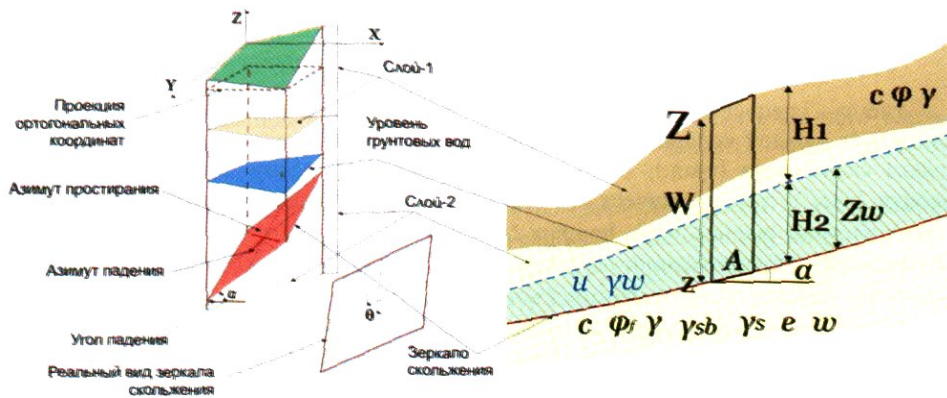


Рис.130. Схема одной колонки оползневого блока в трехмерной проекции и на разрезе оползневого тела с необходимыми данными: X, Y, Z , - географические координаты; θ – угол, характеризующий реальную конфигурацию зеркала скольжения

В качестве практического примера расчета и оценки устойчивости природно-технической модели была выбрана территория «Дома творчества кинематографистов» в г.Дилижане Тавушской области РА, пораженной оползневом процессом.

За основу модели приняты следующие расчетные параметры (рис.131):

1. рельеф исследуемой территории с необходимой кондицией съемки (poliline) (масштаб 1:500),
2. контур оползневого тела (poligon),
3. контур исследуемой территории (poligon),
4. система скважин, содержащая необходимые данные о геометрии:
 - литологические разности грунтов с параметрами $c, \phi, \gamma, \gamma_{sb}, \gamma_s$, (point),
 - положение зеркала скольжения (point),
 - уровень грунтовых вод (point).

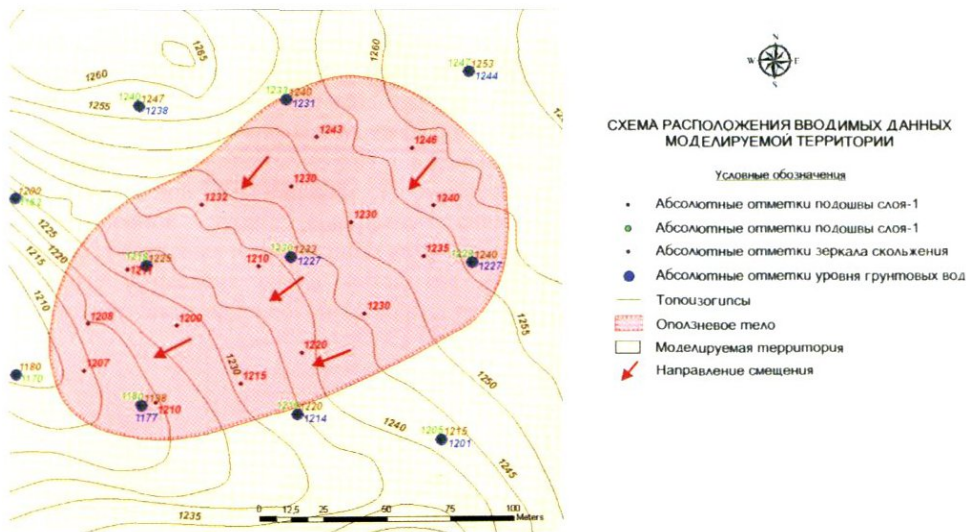


Рис.131. Схема графического распределения входных данных на моделируемой территории с необходимыми данными о геометрии и расчетными геотехническими параметрами

Причиной данного выбора явилась задача использования в разработанной модели не справочных данных, а параметров и значений, близких к натурным. Из них нами были использованы рельеф оползневой территории, контур оползня, основные параметры физико-механических свойств грунтов, слагающих оползневой склон.

В то же время, учитывая тот факт, что любая модель ограничивается рядом математических и логических законов, для моделирования активного состояния нам пришлось тем или иным образом идеализировать природную обстановку в пользу оползневой территории (Калинин, 2006). Ниже представлена принципиальная схема организации вводимых параметров и функций в окне Model builder системы ArcGIS 9.3, в результате запуска которой рассчитывается трехмерный коэффициент устойчивости (3DKy) всей массы оползневой территории с его территориальным распределением (рис.132).

Достижение поставленной цели обеспечивалось учетом географической среды (координатная система), в которой производились необходимые расчеты. Для расчетной схемы была выбрана координатная система Pulkowo_1942_Transverse_Mercator, это обосновано тем фактом, что ряд функций Model builder системы ArcGIS 9.3 оценивает результат именно в этой координатной системе без учета искажения географической сетки.

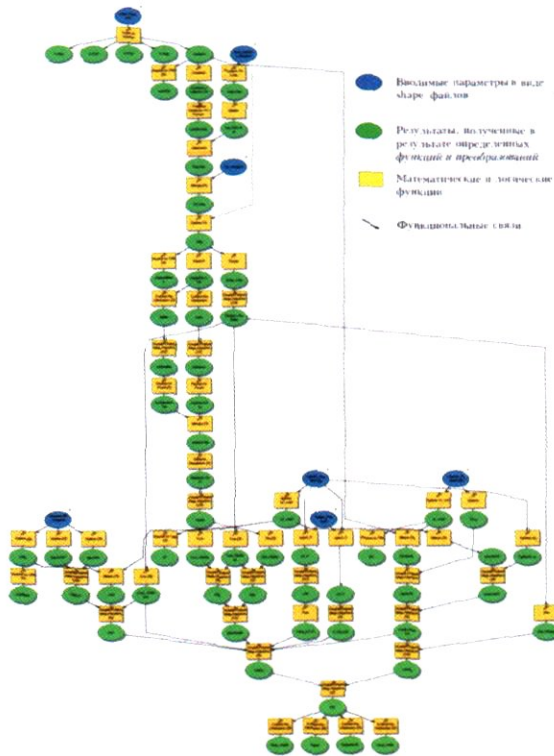


Рис.132. Схема модели расчета 3DKy в Model builder ArcGIS 9.3

В таблице 39 представлены используемые расчетные параметры физико-механических свойств грунтов двух литологических разновидностей грунтов, слагающих зону оползневого смещения и принимающих участие в расчете устойчивости

Таблица 39.

Геотехнические параметры грунтов рассчитываемой модели

Литология	Угол внутреннего трения (φ, град)	Сцепление (с, кг/см ²)	Плотность (γ, г/см ³)	Плотность частиц грунта (γ _p , г/см ³)	Природная влажность грунта (%)
<i>Слой 1</i> – коллювиальные образования, состоящие из глыб, щебня и дресвы с супесчано-суглинистым заполнителем и прослойками глины	18-23	0,32-0,47	1,79-1,9	2,67-2,93	18-25
<i>Слой 2</i> – коллювиальные образования, состоящие из блоков, глыб, щебенисто-дресвяных и дресвяно-песчаных грунтов с глинисто-суглинистым заполнителем	17-22	0,41-0,58	1,6-1,8	2,55-2,86	30-37

Следуя этапности решения проблемы, нами было предусмотрено получение необходимых данных, отображающих отношение удерживающих и сдвигающих сил (K_u). Для этого векторные форматы вводимых данных методом интерполяции были переведены в растровые по необходимым параметрам для расчета (c , φ , γ , и др.). Подобная схема перевода довольно проста и удобна для дальнейшего анализа и расчетов, так как с учетом базы данных одной темы или слоя, например, данных физико-механических свойств грунта на определенной глубине конкретных скважин, возможно получение необходимого количества растровых и трехмерных моделей, требуемых для расчетов.

Ниже приведена схема механизма перевода входных данных и необходимых выходных результатов для окончательных расчетов (рис.133).

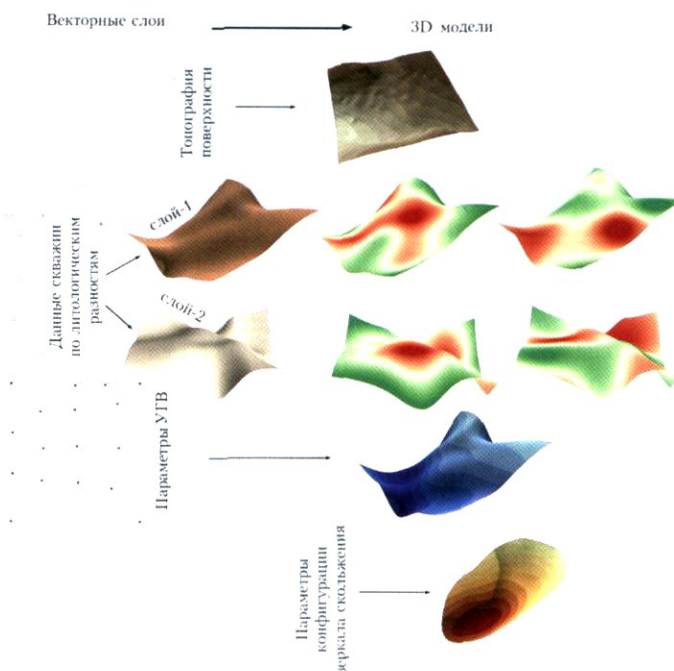


Рис.133. Принцип обработки данных для последующих расчетов устойчивости

Для упрощения расчетной схемы, в особенности расчета реальной площади зеркала скольжения, в каждой колонке размер пикселя растрового формата принят нами за 1, т.е. за 1м^2 . Для расчетов были использованы не усредненные расчетные параметры геотехнических показателей грунтов, а конкретные их характеристики для каждой литологической разновидности по глубине разведочной скважины. Данный подход дает возможность оценить распределение геотехнических параметров грунтов каждого из стратиграфических элементов трехмерной проекции.

В результате реализации формулы (5) в ArcGIS реализована 71 функция с соответствующим количеством выходных файлов для трехмерных моделей и, соответственно, определением пространственного распределения коэффициента устойчивости ($3DK_u$) по всей рассматриваемой территории оползнеопасного склона (районирование по степени оползневой опасности) (таблица 38).

Таким образом, реализация модели устойчивости территории склона (ЗДКу) позволяет осуществить районирование по степени оползневой опасности по всей рассматриваемой площади, определить зоны повышенных напряжений и возможной оползневой активизации, изменчивости параметров прочности и плотности грунтов (в плане и по глубине), выявить факторы оползнепроявления и, в конечном итоге, сформировать информационное поле всех требуемых характеристик для прогнозной оценки возможной экстремальной ситуации с целью разработки мероприятий инженерной защиты (рис.134, 135).

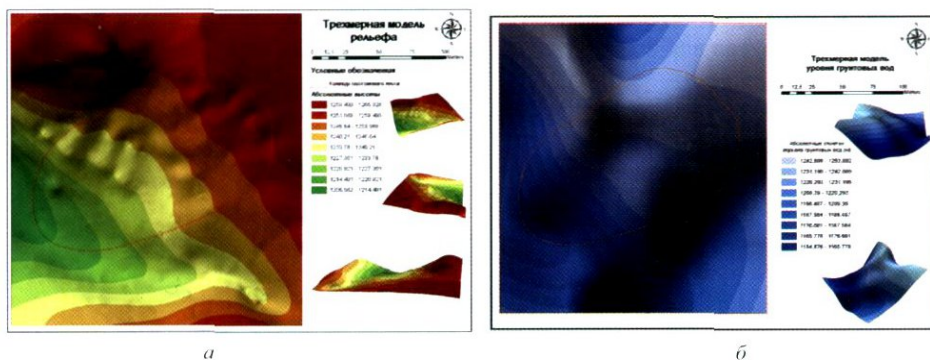


Рис. 134. Трехмерные модели: а - рельефа оползнеопасной территории; б - уровня грунтовых вод

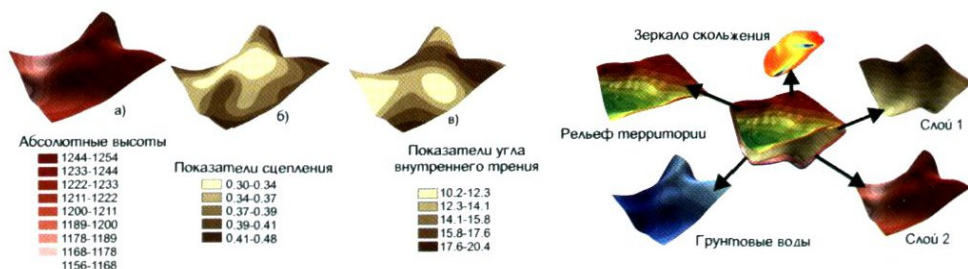


Рис. 135. Распределение параметров: а - абсолютных высот; б - сцепления; в - угла внутреннего трения в трехмерной модели и общей схеме оползневого процесса

На рисунке 136 представлено распределение коэффициента устойчивости по территории размещения зеркала скольжения оползневой склона площадью 17122м², в плане 20621м² и объемом 457762м³ в трехмерной проекции.

Геостатистический анализ результатов определения коэффициентов устойчивости (ЗДКу) позволяет выделить на оползнеопасной территории склона зоны: а) наиболее устойчивые; б) устойчивые; в) относительно устойчивые и г) неустойчивые, обосновав их, согласно действующим в настоящее время предельным значениям коэффициента устойчивости и оползневой опасности.

В рассматриваемом тестовом примере средний показатель устойчивости территории соответствует значению 0,706 с довольно широким интервалом в пределах 0,310-4,9 (рис.136).

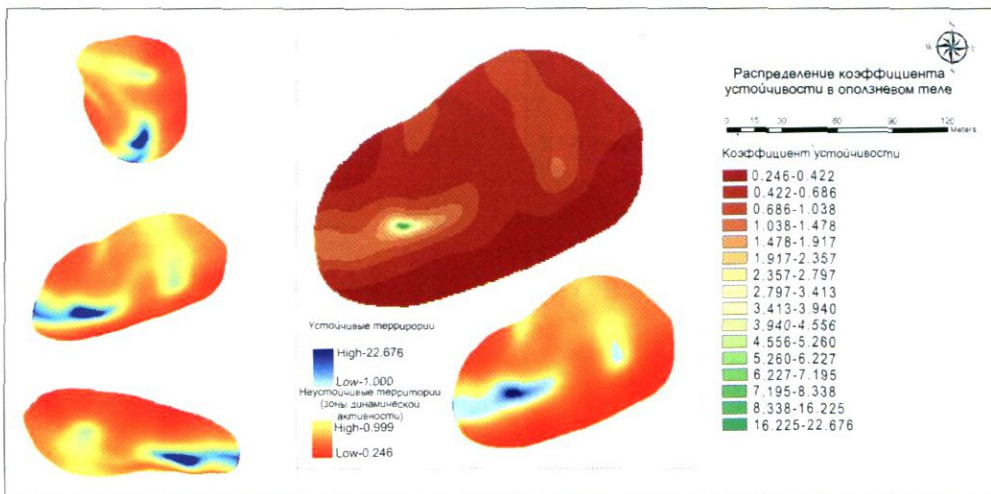


Рис.136. Результат определения (3DKy) в оползневом теле с целью районирования территории по степени оползневой опасности

В соответствии с положением (табл.38) осуществлена оценка пораженности оползнепроявлением рассматриваемой территории; при учете сейсмических воздействий интервал значений K_u колеблется в пределах 0,124-1,983 с доверительной поправкой 0,12. Следовательно, ранжирование тестовой территории по степени площадной оползневой опасности характеризуется, согласно обработке 17122 пикселей (m^2) модулями 3D (Analysis и Geostatistical Analyst) следующим образом:

- неустойчивая зона – $13,681m^2$ (91,46%);
- относительно устойчивая – $1510m^2$ (3,69%);
- устойчивая – $1738m^2$ (2,63%);
- наиболее устойчивая – $693m^2$ (2,20%).

На рис.137 приведена модель районирования территории тестового оползнеопасного склона по степени устойчивости, на рис.138 – та же модель с учетом сейсмических воздействий.

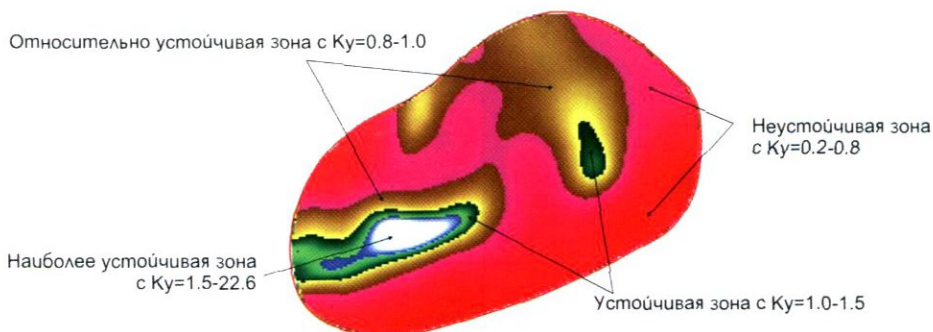


Рис.137. Модель ранжирования территории склона по степени оползневой опасности с выделением пределов коэффициента устойчивости (без учета сейсмических воздействий)

С учетом сейсмического коэффициента, принятого для данной территории за 0,4, устойчивость значительно изменяется в худшую сторону (рис.138 и табл.40):

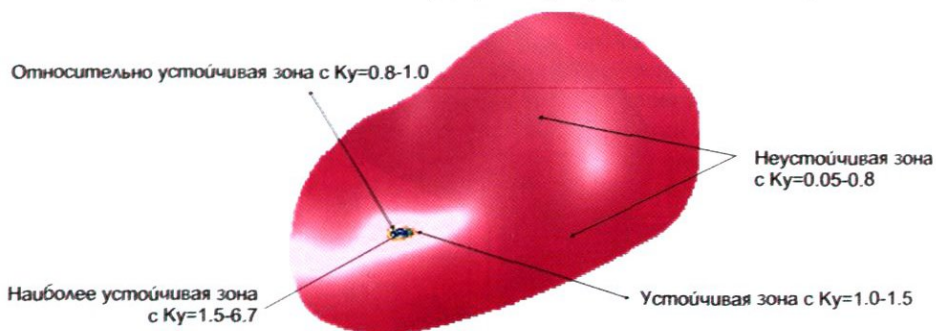


Рис.138. Модель ранжирования территории склона по степени оползневой опасности с выделением пределов коэффициента устойчивости при учете сейсмических воздействий при $G = 0,4$

Расчетные параметры устойчивости к оползнепроявлению территорий
в сопоставлении вариантов с учетом сейсмического воздействия и без него

Зоны устойчивости	Градация ЗДКУ	С учетом сейсмических воздействий						Без учета сейсмических воздействий					Распределение коэффициентов устойчивости с натурными параметрами геотехники и УГВ	
		(Интервал Ку) среднее значение Ку	Площадь поражения		Средняя мощность (м)	Объем (м ³)	Масса (т)	(Интервал Ку) среднее значение Ку	Площадь поражения		Средняя мощность (м)	Объем (м ³)		Масса (т)
(0,124-0,799) 0,265	(м ²)	(%)	(0,310-0,799) 0,536	(м ²)				(%)	(1,000-1,497) 1,207	(м ²)			(%)	
Неустойчивые	0,1-0,8	(0,124-0,799) 0,265	16799	98,11	13,9	233426	414	(0,310-0,799) 0,536	13681	79,90	13,2	171690	306	
Относительно устойчивые	0,8-1,0	(0,802-0,999) 0,893	127	0,74	25,4	3202	5	(0,800-0,999) 0,890	1510	08,82	16,7	24777	43	
Устойчивые	1,0-1,5	(1,000-1,498) 1,214	136	0,79	26,0	3573	6	(1,000-1,497) 1,207	1738	10,15	17,3	30196	53	
Очень устойчивые	1,5-5,0	(1,500-1,983) 1,718	60	0,35	25,7	1492	2	(1,500-1,958) 20282	693	4,05	22,0	15027	26	
Итого		(0,124-1,983) 0,282	17122	100	14,2	241693	432	(0,310-1,958) 0,706	17122	100	14,2	241690	432	
Неустойчивые	0,1-0,8	0,259	16084	98,14	13,9	233581	415	0,527	13348	77,96	13,1	173949	301	Анализ вариантов параметров С с интервалом в -20% и +20%
		0,27	16787	98,04	13,9	233069	414	0,545	12984	75,83	13,0	168963	309	
Относительно устойчивые	0,8-1,0	0,888	125	0,73	25,6	3103	5	0,89	1448	8,46	17	24201	45	
		0,888	130	0,76	25,4	3360	6	0,888	1584	9,25	16,4	25389	42	
Устойчивые	1,0-1,5	1,212	137	0,80	25,8	3543	6	1,206	1671	9,76	17,4	29095	56	
		1,21	142	0,83	26,1	3633	6	1,205	1816	10,61	17,3	31606	51	
Очень устойчивые	1,5-5,0	1,72	58	0,34	26,2	1522	2	2,304	157	0,92	22,3	14504	28	
		1,72	61	0,36	25,8	1575	3	2,256	736	4,30	21,8	15679	25	
Итого		0,276	17122	100	14,2	241690	432	0,692	17122	100	14,2	241690	432	
		0,288						0,72						
Неустойчивые	0,1-0,8	0,534	16929	98,87	14,0	236715	420	0,534	14766	86,24	13,4	197668	351	Анализ вариантов параметров С с интервалом в -20% и +20%
		0,316	16584	98,86	13,9	229065	407	0,6	10611	9,00	12,9	137468	245	
Относительно устойчивые	0,8-1,0	0,889	82	0,48	26,3	2162	40	0,891	1086	6,34	17,6	19151	33	
		0,881	228	1,33	20,7	4688	8	0,888	2760	16,12	13,5	36793	65	
Устойчивые	1,0-1,5	1,197	101	0,59	25,3	2537	4	1,169	902	5,27	17,4	15574	27	
		1,198	187	1,09	26,1	4787	8	1,209	2353	13,74	17,3	40262	71	
Очень устойчивые	1,5-5,0	1,694	37	0,22	28,0	1036	2	2,381	395	2,31	25,6	10057	19	
		1,709	84	0,49	25,4	2164	2	2,122	1359	7,94	19,3	20182	46	
Итого		0,225	17122	100	14,2	241690	432	0,563	17122	100	14,2	241690	432	
		0,34						0,852						

Неустойчивые	0,1-0,8	0,198	16997	99,27	14,1	238006	422	0,427	5144	88,45	13,6	204839	364	Анализ вариации параметров С с интервалом в -20% и +20%	
		0,337	16456	96,11	13,8	226379	402	0,629	9,333	5451	12,0	112967	201		
Относительно устойчивые	0,8-1,0	0,897	72	0,42	25,7	1828	3	0,889	84	5,75	17,7	17410	30		
		0,883	289	1,69	19,2	5551	9	0,89	3436	20,07	15,0	51155	91		
Устойчивые	1,0-1,5	1,206	82	0,48	25,7	2114	4	1,155	707	4,03	17,2	12161	21		
		1,207	223	4,30	25,8	5773	10	1,203	266	1,55	16,9	44426	78		
Очень устойчивые	1,5-5,0	1,695	25	0,15	27,8	697	1	2,363	321	1,87	25,7	8325	15		
		1,723	91	0,53	25,8	2323	4	2,126	1626	9,50	19,3	31479	56		
Итого		0,207						0,519							
		0,365	17122	100	14,2	241690	432	0,914	17122	100	14,2	241690	432		
Неустойчивые	0,1-0,8	0,264	16781	98,01	13,9	233455	414	0,534	13201	77,10	13,0	17198	306		Анализ вариации параметров С с интервалом в -20% и +20%
		0,263	16800	98,12	13,9	233455	414	0,534	13222	7022	13,0	172275	306		
		0,265	16796	96,10	13,9	233755	414	0,538	13164	76,88	13	171278	305		
		0,266	16794	98,08	13,9	233313	414	0,539	13129	76,68	13,0	170821	304		
Относительно устойчивые	0,8-1,0	0,892	127	0,74	25,3	3171	5	0,89	1502	8,77	16,8	24749	43		
		0,891	127	0,74	25,3	3200	5	0,89	1442	8,42	16,8	24657	43		
		0,891	129	0,75	25,4	3252	5	0,89	1520	8,88	16,7	24978	44		
		0,89	129	0,75	25,4	3284	5	0,889	1535	8,67	16,7	25162	44		
Устойчивые	1,0-1,5	1,215	137	0,80	26,0	3573	6	1,206	1728	10,09	17,3	30178	53		
		1,214	136	0,79	26,0	3545	6	1,206	1725	10,07	17,3	29981	52		
		1,231	136	0,79	26,0	544	6	1,207	1736	10,14	17,4	30276	53		
		1,21	137	0,80	26,0	3573	6	1,207	1747	10,20	17,4	30401	53		
Очень устойчивые	1,5-5,0	1,724	60	0,35	25,7	1520	2	2,85	692	4,04	22,0	14885	26		
		1,721	60	0,35	25,7	1520	2	2,291	684	3,99	22,1	14807	26		
		1,717	61	0,36	25,7	1521	2	2,275	702	4,10	22,1	15200	26		
		1,716	62	0,36	25,7	1521	2	2,29	711	4,15	22,0	15308	27		
Итого		0,282						0,705							
		0,281						0,703							
		0,283	17122	100	14,2	243312		1,708	17122	100	14,2	243312			
		0,284						0,71							

Анализируя данные таблицы 40 видим, что при воздействии сейсмических колебаний площадь неустойчивых территорий увеличивается на 3118 м^2 , т.е. на 18%, а среднестатистический показатель устойчивости понижается на 39,9%. В данном случае сейсмические колебания приводят к активизации оползневой процесса, что объясняется уменьшением удерживающих сил и межколонковых связей на площади зеркала скольжения оползневой тела.

Не менее важной задачей в вопросе оценки устойчивости оползнеопасного склона и основных факторов активизации процесса является рассмотрение основных положений: а) влияние гравитации, б) влияние грунтовых вод и вод поверхностного стока.

Для учета влияния гравитационной составляющей рассматриваются пределы прочностных и деформативных характеристик грунтов, слагающих оползнеопасный склон.

Варьируя параметрами прочности (сцепление) в интервале 20% и вычисляя при этом значения K_u (учитывая исходные его значения) получаем 0,26-29,7 в первом случае (понижение) (со средним значением 0,66), а во втором (повышение) 0,23-27,9 (со средним значением 0,69). Аналогичный подход был использован при оценке влияния на K_u плотности грунта.

Анализируя данные таблицы 40, нетрудно прийти к следующим выводам:

- изменение параметра сцепления грунта лишь в незначительной степени влияет на изменение распределения параметров устойчивости, вариация в интервале $\pm 20\%$ приводит к уменьшению среднего показателя K_u на 6% (т.е. при занижении значения на 20%), а при завышении (+20%) K_u увеличивается лишь на 4%.

- вариация ($\pm 20\%$) угла внутреннего трения реагирует на изменения более значительно (23% при завышении на +20% и 21% при заниженном значении на -20%);

- изменения показателей плотности грунта приводят к повышению K_u (при снижении на 20%), а в случае повышения на 20% - к его снижению на 5%.

Анализ приведенных данных и результатов, сведенных в табл.40, позволяет сделать вывод о том, что на устойчивость оползнеопасной территории и оползневой процесса в основном влияет изменение показателей угла внутреннего трения и плотность грунта, что объясняется степенью водонасыщенности грунтов склона и их разуплотнением. Следовательно, повышение методами инженеризации значения угла внутреннего трения (применение геормированных конструкций дренирования подземных вод) и плотности грунтов склонов наибольшей оползневой активности (методом разгрузки с целью снижения давления оползневых масс грунта) приводит к нарушению равновесия сдвигающих и удерживающих усилий.

Анализ результатов повышения и понижения уровня грунтовых вод (УГВ) позволил получить следующие данные.

Повышение или снижение УГВ на 3 и 6 метров при естественном водонасыщенном состоянии грунтов приводит к снижению K_u на 1,5%-2,8%, а понижение – к повышению K_u на 1,3%-2,8%, соответственно. С учетом фактора сейсмичности территорий показатель K_u в первом случае снижается от 14% до 2,8% и повышается на 1,3% и 2,7% во втором.

Расчетно-аналитические данные о влиянии уровня грунтовых вод на активизацию опасных оползневых процессов и устойчивость территории сгруппированы в таблице 41, а на рис. 139 приведен схематический план, фиксирующий ареалы наиболее неустойчивых зон оползневой тела.

Влияние уровня грунтовых вод на активизацию опасных оползневых процессов и устойчивость территории

Зоны устойчивости	Градация ЗДКу	Без учета сейсмических воздействий		
		Интервал Ку среднее значение	Площадь поражения (м ²)	Площадь поражения (%)
Неустойчивые	0,1-0,8	0,541	13351	9146
Относительно устойчивые	0,8-1,0	0,870	2217	3,69
Устойчивые	1,0-1,5	1,181	1062	2,63
Очень устойчивые	1,5-5,0	2,304	500	2,20
Итого		0,705	17180	100

Зоны устойчивости	Градация ЗДКу	Без учета сейсмических воздействий		
		Интервал Ку среднее значение	Площадь поражения (м ²)	Площадь поражения (%)
Неустойчивые	0,1-0,8	0,541	13351	91,46
Относительно устойчивые	0,8-1,0	0,870	2217	3,69
Устойчивые	1,0-1,5	1,181	1062	2,63
Очень устойчивые	1,5-5,0	2,304	500	2,20
Итого		0,705	17180	100

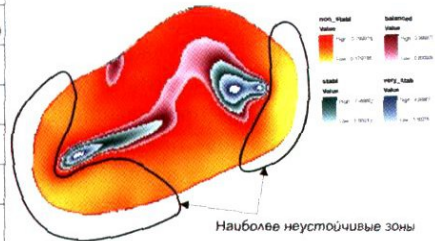


Рис.139. Районирование территории оползневого склона по степени устойчивости в связи с понижением УГВ

Завершая рассмотрение трехмерной модели (ЗДКу) территории оползнеопасного склона и ее программно-информационного и расчетно-аналитического обоснования с использованием ГИС технологий с целью оценки реального и прогнозно-экстремального состояния оползнепроявления и устойчивости территорий, следует отметить высокую эффективность рассмотренных технологий.

Реализация изложенной методики моделирования оползневого процесса в среде ArcGIS 9.3 (трехмерное моделирование) позволяет с достаточной надежностью и достоверностью использовать информационное поле по исходным, реальным и прогнозным инженерно-геологическим, гидрогеологическим, геотехническим свойствам и их изменчивостью во времени и пространстве, характеризующих реальное (на период исследований процесса оползнепроявления) состояние природно-технической системы (ПТС).

Следует отметить ряд преимуществ рассмотренной трехмерной модели (ЗДКу) по сравнению с ранее использованными технологиями, которая позволяет комплексно оценить оползневую опасность и риск на каждом этапе проявления природного процесса:

- достоверно оценить факторы и индикаторы, способствующие оползнепроявлению на разных этапах активизации опасного процесса;
- осуществить районирование территории оползнеопасного склона по степени устойчивости всего склона в целом и оползневого участка в частности;
- на современном техническом уровне провести расчетно-аналитические исследования с вариацией изменчивости геотехнических свойств грунтов в реальном и экстремальном случаях с обоснованием требуемых расчетных параметров;

- разработать мероприятия инженерной защиты территории по стабилизации оползневых процессов и предотвращения активного экстремального развития;
- осуществить реальную и условную (в экстремальном состоянии) оценку ущербов пораженных оползневом процессом территорий и объемом инфраструктур;
- оценить экономическую эффективность мероприятий инженерной противооползневой защиты территории и ее техногенного наполнения.

§3. Апробация рассмотренного метода моделирования и оценки устойчивости склоновых территорий на тестовом участке оползневоявления

3.1. Краткая характеристика региональных физико-географических и геотехнических условий оползневой активизации по трассе железной дороги Иджеван-Раздан

Рассматриваемая территория находится в пределах Дилижанской котловины и расположена в среднем течении р.Агстев, между ее притоками – рр.Блдан и Гетик.

В таблице 42 сгруппирована информация об экзогенных природных процессах, характеризующих общую инженерно-геологическую ситуацию вдоль железнодорожной трассы Иджеван-Раздан и автомобильной дороги, обходной автодороги (вокруг пос.Агарцин), связывающей населенные пункты области.

Большинство представленных оползневых территорий находятся на склонах долин рек и логов, а также на участках строительного освоения территорий.

Район исследований и прилегающие к нему участки представлены в основном асеквентными (Агарцин №№ 5, 6, 9; Ачаджур, Саригюх) и консеквентными (Овк, ж/д ст. Дилижан, Техут, Агарцин, Дпрабак, Айгут и др.) оползнями обрушения, гидродинамического выпора и сдвига.

Активизация современных оползневых процессов генетически сопряжена с территориями древних оползневых блоков, а причиной, несомненно, является хозяйственная деятельность человека, а также эрозионный подмыв подошв склонов рек.

Таблица 42.

Краткий обзор инженерно-геологической ситуации и пораженности территории вдоль железнодорожной трассы Иджеван-Раздан

№	Местоположение участка	Инженерно-геологические процессы	Размеры: длина/ширина	Объем массы, млн.м ³	Глубина захвата, м	Механизм смещения
1	2	3	4	5	6	7
1	Ж/д ст. Дилижан	Обвалы, камнепады, оползневые заколы, эрозия	570/200	1	до 25	Оползни обрушения
2	«Агарцин» 75-76км	Мелкие оползни, активные оползневые трещины	550/150	1	до 25	Оползни сдвига
3	75-76км	Высокие, крутые обвалоопасные откосы в зоне Агарцинского разлома	100/65	0,1	до 5	Гидродинамического выпора
4	«Техут» 73км	Блочные оползни (активные в языковой части)	370/190	до 0,1	до 15	Сдвига

5	71км	Крутые, высокие откосы.Обвалы, камнепады, селеопасные логи со следами эрозии	120/130	0,6	10	Оползни обрушения
6	71-73км	Осадки насыпей с провисанием ж/д полотна. Сильно развиты эрозионные процессы	400/200	до 1	15	Сдвига
7	«Куйбышев»	Оползень блокового типа. Оползание грунта в языковой части	450/300	1	15-20	Сдвига
8	69км, ПК 148+30	Три активных оползневых цирка. Просадки до 1м. выходы родников в активной языковой части	190/200	1	15-20	Сдвига и вязкопластичные
9	ПК 148 – ПК 153	Современные крупные деформации на крутом склоне нескольких крупных оползней	310/170	до 1	20	Сейсмогенные, блоковые

Анализ инженерно-геологических условий бассейна р. Агстев показал, что оползневые процессы характеризуются широким распространением и высокой степенью активности. Для апробации предлагаемого метода расчета устойчивости с помощью моделирования на платформе ArcGIS 9.3 нами был выбран оползень на 69км трассы Иджеван-Раздан. Выбор данного участка обоснован возрастающей степенью его активизации (начиная с 1993г.), достаточной изученностью и наличием необходимых данных для расчета устойчивости, а также степенью постоянно возрастающего оползневой риска.

По ситуации 1993г. на участке выделялись 3 блока: I – западный, II – центральный, III – восточный (рис. 140)

В 1993г. произошла активизация блоков I и III, в результате чего масса грунтов блока I разрушила и вывела из строя 200м железнодорожного полотна и часть автодороги Дилижан-Иджеван.

Исследование оползня возобновилось весной 1994г. сотрудниками ИГН НАН РА и АО «Арминжпроект». В результате комплексных полевых и лабораторных исследований были изучены: строение оползневой тела, физико-механические параметры грунтов, гидрогеологическая обстановка, а также был предложен ряд приоритетных мероприятий, способствующих стабилизации смещений.

В период с июня по декабрь 1994г. проводились земляные работы по созданию контрфорса восточного блока и сооружению дренажной системы, способствующей отводу сезонных вод из тела оползня. На блоках I и II проводились разгрузочные земляные работы в центральных частях оползневой тела с частичной пригрузкой языковой части (вдоль железнодорожного полотна), а также сооружение пристенного дренажа и нагорных канав для перехвата атмосферных и техногенных вод.

Из-за отсутствия финансирования проводимые работы были приостановлены полностью и возобновились лишь к концу 1995г.

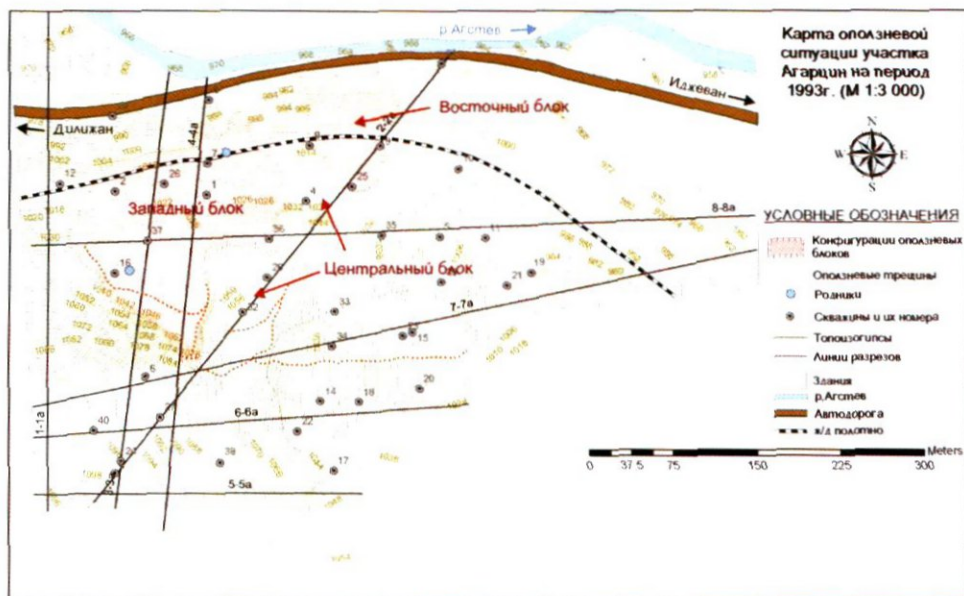


Рис.140. Карта оползневой ситуации участка (1993-1996гг.)

За отмеченный период была ликвидирована угроза активизации блока I, перекрытие русла р.Агстев и опасность повреждения микрорайона с.Агарцин, а также была расширена территория железнодорожного полотна.

Однако весной 1996г. (март-апрель) активизировавшаяся языковая часть восточного блока сместилась на расширенное ранее полотно железной дороги, перекрыв автомобильную трассу Ижевск-Дилижан. В результате этого:

- подвижки оползневой блока I привели к активизации центрального блока;
- активизация центрального блока (II), в свою очередь, послужила толчком к дестабилизации устойчивости западного блока (III);
- быстрое развитие склоновых оползневых явлений на участке способствовало объединению всех трех блоков в единое оползневое тело (рис. 141).



Рис.141. Трехмерная модель оползневой участка

Детальным исследованиям по изложенной методике оценки устойчивости была подтверждена территория первого оползневой блока, активизация которого спровоцировала сдвигение остальных.

На участке распространены два типа вод: четвертичных делювиальных отложений (на глубине от 2,5 до 22,9м) и трещинных, распространенных в выветрелой зоне эоценовых коренных образований.

Комплексные исследования участка подтвердили периодическую сезонную активизацию ряда новых мелкокомасштабных заколов в теле ранее выделенных оползневых блоков.

В 2005 году по заказу Министерства Градостроительства РА научно-исследовательской организацией «Геориск» под руководством А.С.Караханяна были проведены исследовательские работы с целью выявления динамики развития процесса.

В результате инженерно-геологических изысканий за весь период исследований (1986-2005) на оползневом теле было пройдено 63 разведочные колонковые скважины, 8 шурфов и отобрано 164 образца грунтов, по которым был определен полный комплекс физико-механических и водно-химических свойств грунтов ненарушенной структуры, а также полевые прессиометрические исследования прочности и деформированности грунтов. Выполнены инженерно-геологическая и гидрогеологическая съемки кондиции масштаба 1:10000 и неоднократные геодезические съемки оползневой участка масштаба 1:500, сопоставление результатов которых позволило определить динамику и направления смещений, подтвержденных результатами фототеодолитной съемки по постоянным и временным реперам. Проводились режимные наблюдения за колебанием уровня грунтовых вод и опытно-фильтрационные работы.

Анализ всех материалов опытных, долговременных исследований был положен в основу реализации построения модели и оценки устойчивости оползневой территории.

3.2. Расчетно-аналитические исследования устойчивости

Оценке состояния оползневой участка предшествовал анализ инженерно-геологической активной составляющей оползня (восточный блок I), а затем и всего склона по следующим позициям:

- определение степени устойчивости склона (K_u) после оползнеобразования (по положению на 1993г.), используя расчетно-аналитическое построение по расчетной программе PC STABL 5M, которое проводилось по профилю 4-4а, проходящему вдоль оси смещения блока I (рис.142);
- расчет 3DKу был проведен с помощью разработанной механико-математической модели (по положению на 1993-1996гг., а также по ситуации на рассматриваемый период) на базе ArcGIS 9.3 восточного (I), западного (III) и центрального (II) блоков.

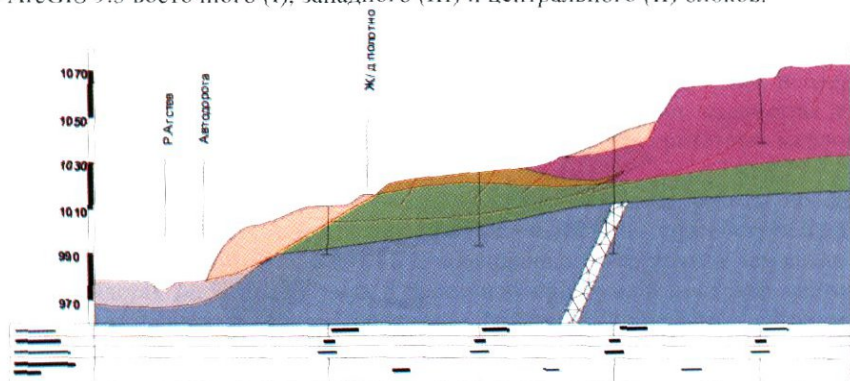


Рис. 142. Схематический инженерно-геологический разрез оползневой участка «Асарцин»

Реализация модели расчета устойчивости оползневой участка (3DKу) позволяет определить и ряд параметров, имеющих определяющее значение для оценки

оползнепроявления. В частности, графическое отражение модели позволяет оценить структурное возникновение литологических разновидностей грунтов, слагающих склон, их изменчивость по устойчивости во времени под влиянием смещений, наличие линз, выклиниваний, прогноз возможной активизации и др.

Реализация рассмотренной методики оценки устойчивости на оползневом участке «Агарцин» преследовала цель:

- тестирование рекомендуемой модели оценки устойчивости на основе реальных параметров и условий;
- запроса ряда прогнозных ситуаций (основываясь на эволюции развития оползнеобразования тестового участка);
- прогнозной оценки опасности и риска ПТС.

В расчетах были использованы результаты реальных лабораторных и полевых исследований физико-механических свойств грунтов (табл. 43), а также учтен весь комплекс факторов, создающих негативные условия для развития склонового процесса на данном участке.

Таблица 43.

Физико-механические параметры литологических разновидностей, принимающих участие в расчете устойчивости участка «Агарцин»

Литология	Угол внутреннего трения (ϕ , град)	Сцепление, (c , кг/см ²)	Плотность (γ , г/см ³)	Плотность частиц грунта (γ_s , г/см ³)	Природная влажность грунта (%)
Слой 1 – Оползне-коллювиальные образования, состоящие из обломков (глыб, щебня и дресвы) коренных пород с супесчано-суглинистым заполнителем и прослойками глин	18-23	0,32-0,47	1,79-1,9	2,67-2,93	18-25
Слой 2 – Коллювиальные образования, состоящие из материалов крупных обрушений коренных блоков эоценового возраста: блоки, глыбы, щебенисто-дресвяные и дресвяно-песчаные грунты с глинисто-суглинистым заполнителем с прослойками глин	17-22	0,41-0,58	1,6-1,8	2,55-2,86	30-37

В результате расчетов и построений в двухмерной проекции (PC STABL 5M) был определен коэффициент устойчивости $K_u=0,805$. Расчет проводился с учетом коэффициента сейсмического воздействия (0,4), предусмотренного СНРА (ՀՀՇՆ II-2.02-2006).

Расчет трехмерного коэффициента устойчивости оползневого тела был выполнен на ситуацию 2006-2007гг. (рис.143).



а)

б)

Рис.143. Оползневое тело по положению на а) 2006г.; б) 2007г. (фото Д.Г.Аракеяна)

По ситуации на 1993г., а именно, на период первой активизации восточного блока средний показатель $3DKy$ имеет величину 0.39 с колебанием показателей в пределах 0,04-4,9. На рисунках 144 и 145 дано графическое представление распределения Ky по всей площади территории склона, пораженного оползневым процессом. На рис. 144 в южной и восточной частях оползневого блока отмечается преобладание активных зон с пониженным значением Ky , что по ситуации на 1993г. (по данным расчетной модели) предопределяет развитие и захват оползневым процессом восточной и юго-восточной частей склона, что и произошло в 1996г.

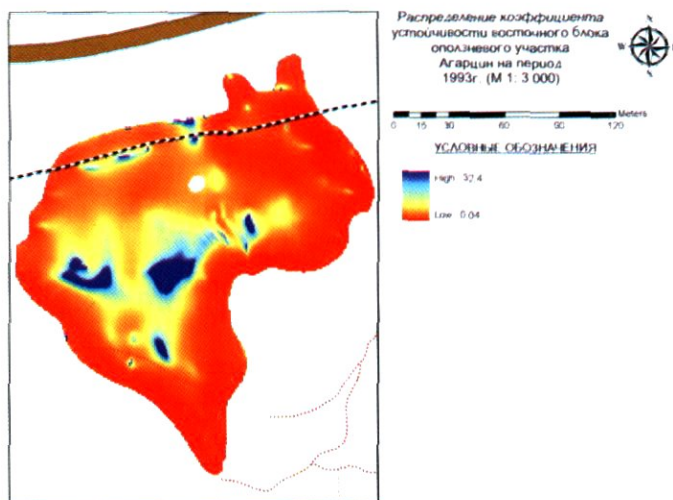
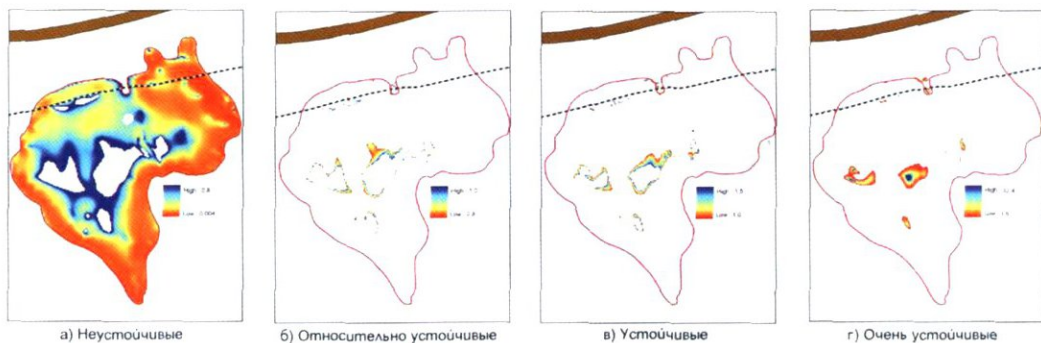


Рис.144. Распределение Ky на восточном блоке оползневого участка

Апробация предлагаемой оценки устойчивости ($3DKy$) модели выявила ряд причин, способствующих активизации процесса, а статистическая обработка данных позволила реально оценить активность оползневой территории. На рис. 144 наглядно выделяется преобладание неустойчивых зон по площадям южного, восточного и юго-восточного блоковых участков, в пределах которых отмечается высокий уклон плоскости скольжения.

Статистическая обработка результатов расчетов устойчивости выявила разброс показателей устойчивости (0,1-3,0). Заниженные показатели характеризуют приповерхностную зону бровки срыва, имеющую субвертикальное падение (с площадью распространения $18m^2$ из $22118m^2$). Высокие показатели Ky характерны также для незначительных площадей оползневого склона ($7m^2$) и приурочены к зонам с горизонтальным залеганием слоев грунта.

С учетом порядка ранжирования оползневых склонов по степени устойчивости Ky (таблица 38) было проведено районирование оползневой территории склона по расчетным параметрам Ky в пределах 0,2-3,0: 0,2-0,8 – неустойчивые территории, 0,8-1,0 – относительно устойчивые, 1,0-1,5 – устойчивые, 1,5-3,0 – очень устойчивые (рис.145).



Зоны устойчивости	Градации ЗДКу	Средне-статистическое значение Ку	Площадь поражения (м ²)	Площадь поражения (%)
Неустойчивые	0.1-0.8	0.24	19 852	89.7
Относительно устойчивые	0.8-1.0	0.88	750	3.39
Устойчивые	1.0-1.5	1.20	772	3.49
Очень устойчивые	1.5-5.0	3.01	744	3.36
Итого		0.39	22 118	100

Рис. 145. Площадь поражения и степень активности территории восточного блока с распределением ЗДКу

Анализ факторов, влияющих на возникновение и активизацию процесса показал, что основной причиной, послужившей смещению склоновых масс грунта, явился процесс водонасыщения грунтов подземными и поверхностными водами в районе железнодорожного полотна, где отмечаются максимальные мощности рыхлых образований и зафиксированные выходы родниковых вод (разгрузка) в языковой зоне оползня (отметка 1006,5-1050м), что подтверждает высокий УГВ.

Задержка с реализацией противооползневых мероприятий (отсутствие финансирования) привело к активизации оползневой территории на западном блоке (рис. 146).

Реализация расчетно-аналитических исследований по оценке устойчивости оползневой территории позволила провести районирование территории западного блока по степени устойчивости в интервале 0,05-0,9 с доверительным пределом 0,24.

Наиболее опасные зоны с показателем Ку менее 0,8 имеют преимущественное распространение и охватывают восточную, западную и южную части территории оползневой территории, а относительно устойчивые (от 0,8-1,0) и устойчивые (более 1,0) – юго-западную часть бровки срыва (в верхней части оползневой территории) (рис. 147), что также объясняется высокой степенью водонасыщенности грунтов, высоким уклоном поверхности зеркала скольжения и большой массой склоновых отложений. Все перечисленные факторы оказывают негативное влияние, способствующее активизации оползневой территории преимущественно в нестабильных зонах оползня.

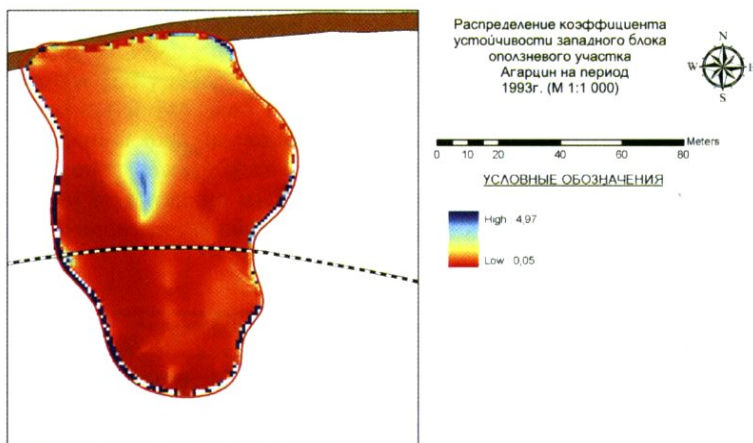
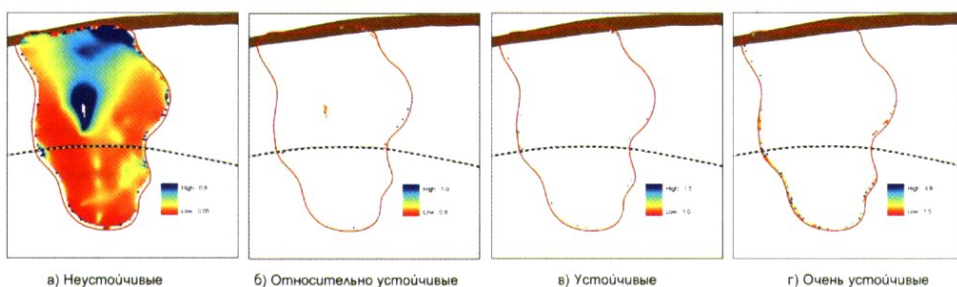


Рис. 146. Распределение K_u на территории западного блока оползневого участка



Зоны устойчивости	Градации 3DKu	Средне-статистическое значение K_u	Площадь поражения (m^2)	Площадь поражения (%)
Неустойчивые	0.1-0.8	0.18	6.760	96.7
Относительно устойчивые	0.8-1.0	0.87	33	0.47
Устойчивые	1.0-1.5	1.26	40	0.57
Очень устойчивые	1.5-5.0	2.58	153	2.19
Итого		0.24	6.986	100

Рис. 147. Площадь поражения и степень активности территории западного блока с распределением 3DKu

Рассматривая результаты расчетов обоих (восточный и западный) блоков оползневого склона в аспекте выявленных причин и районирования по степени устойчивости на данный период (реальное состояние на рассматриваемый период) и прогнозируя их дальнейшее негативное развитие, можно сделать следующие выводы:

1. распространение динамически активных зон имеет предрасположенность развития процесса в южном и восточном направлениях (что подтверждается нынешней ситуацией);
2. отсутствие кольматационного слоя и периодическое образование новых оползневых трещин различного характера способствует активной инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод;
3. большой уклон зеркала скольжения зачастую превышает параметры угла внутреннего трения, что приводит к разуплотнению и сдвигу грунтовых массивов;

4. негативное изменение климатических и гидрометеорологических условий и периодически обостряющаяся в регионе геодинамическая обстановка способствуют изменению режима функционирования вод подземного и поверхностного стока, перекрытию путей фильтрации и падению УГВ, что вызывает разуплотнение склона и снижение их прочности и, следовательно, активизацию оползневых процессов;

5. Периодическое сезонное подмыwanie р.Агетев обрушившихся грунтов в языковой части оползневого тела способствует ослаблению естественного контрфорса.

Ситуацию, сложившуюся в период с 1996г. по 2008г., на данный момент можно оценить как медленно, но стабильно ухудшающуюся. Нереализованные до конца противооползневые мероприятия не только не дали ожидаемых результатов, но и послужили, в свою очередь, причиной как активизации восточного блока, так и объединения его с западным и центральным блоками.

Расчет ЗДКу всего оползневого тела по положению на 2007-2008гг. выявил следующую ситуацию. Средний показатель Ку составляет 0,35 (с учетом сейсмических воздействий) с интервалом 0,1-5,0 (рис. 148).

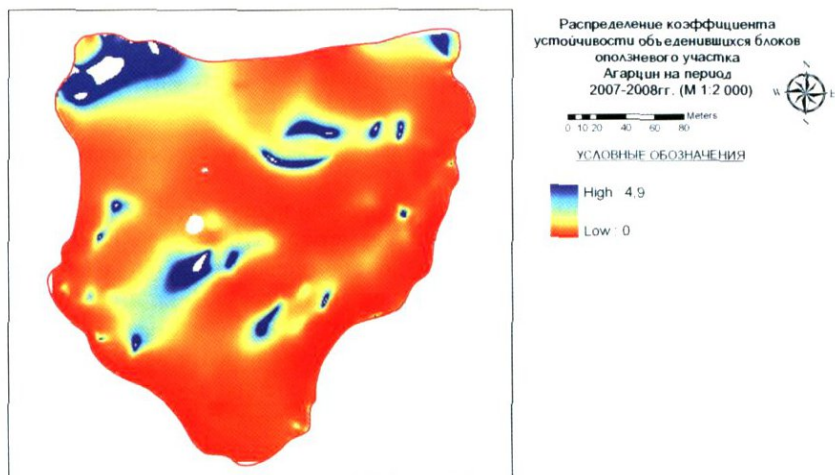


Рис.148. Распределение Ку объединившихся блоков оползневого участка (2008г.)

Распределение неустойчивых зон, дестабилизирующих объединившиеся блоки, охватывает юго-восточную зону оползневого участка и имеет тенденцию понижения значений Ку в южном, восточном и юго-восточном направлениях. Очевидно, что объединившиеся три блока в единое оползневое тело имеют тенденцию развития процесса вверх по склону на восток. На рисунке 149 четко выражен контраст двух устойчивых территорий с высокими показателями удерживающих сил за счет низкого показателя угла наклона зеркала скольжения. Именно наличие этих территорий является сдерживающей составляющей оползня. При дальнейшей возможной реализации противооползневых мероприятий рекомендуется воздержаться от проведения работ, способствующих дестабилизации данных территорий (рис. 149).

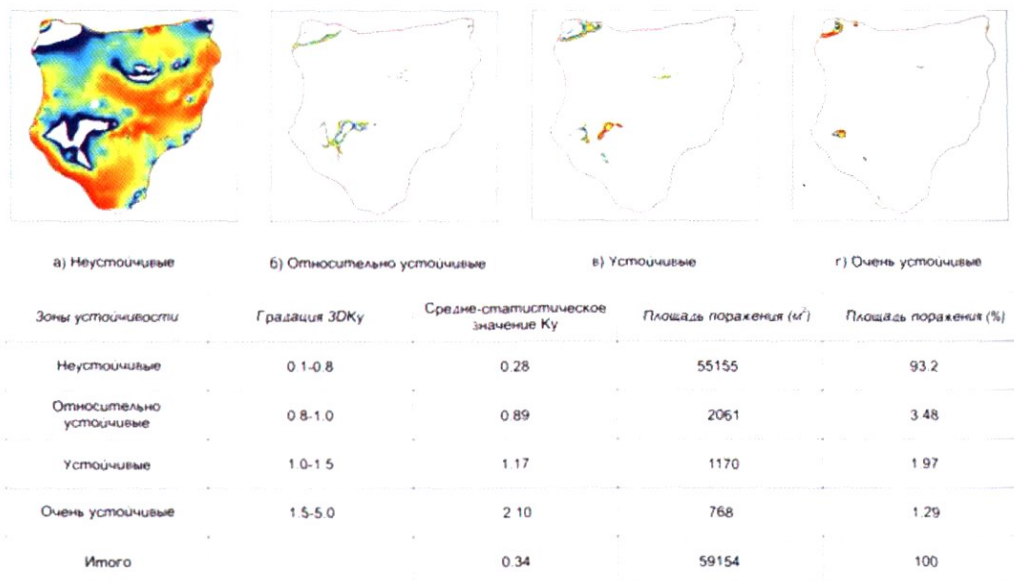


Рис. 149. Площадь поражения и степень активности территории оползневого тела с распределением ЗДКу

На данный момент замечена активизация в виде оползневых трещин в верхней части оползневого массива на абсолютных отметках 1094м с предрасположенностью дальнейшего развития вверх по склону до оползневого участка «Парзлич», что может привести к дальнейшему объединению двух оползневых тел и активизации склона в южном направлении длиной в 2,5 км.

Прогнозная оценка устойчивости оползневого блока I и всего оползневого склона в целом проводилась с учетом дискретного изменения геометрии склона, сезонного колебания уровня грунтовых вод, сейсмотектонических криповых подвижек, изменения прочностных и динамических свойств грунтов, расположенных в зоне скольжения.

С целью более достоверного прогнозирования модели оползнепроявления в динамике оползневой блок I и прилегающие к нему территории были подразделены на зоны динамической активности, накопления и смещения (рис. 150 и 151).

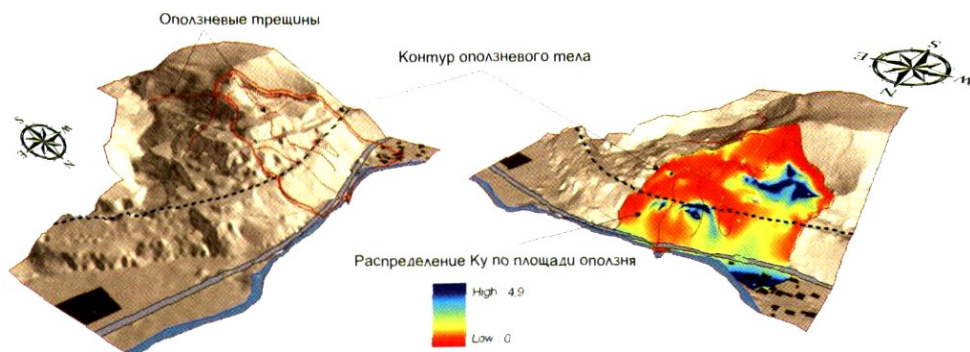


Рис.150. Трехмерная модель участка Агарцин с распределением Ку (на ситуацию 2008г.)

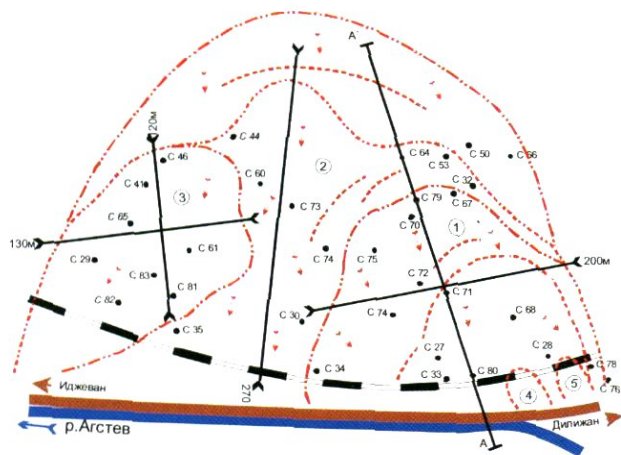


Рис. 151. Прогнозная оценка развития оползневой процесса на участке

Ниже приводятся данные соотношения объемов зон оползневой склона в случае задержки или отсутствия реализации рекомендуемых противооползневых мероприятий (табл.44).

Таблица 44.

Расчетные результаты условной геометрии сдвигающихся масс оползневой блока участка «Агарцин» согласно расчетно-аналитическим построениям (рис.150)

Состояние оползня	Уровень грунтовых вод, м	Величина вектора смещения, м	Площадь зоны смещения, м ²	Площадь зоны динамической активности, м ²	Площадь зоны накопления, м ²	Мощность сдвигающегося оползневой массива, м ³
Нагурное	17,5	18,3	2205	618,7	2762,5	1026000
Прогнозное	6,8	22,6	2565	2625	3000 и более	1474000 и более

Анализируя данные таблицы 44 видим, что дальнейшее развитие процесса в первую очередь скажется на активизации зоны динамической активности, что существенным образом отразится на устойчивости всего склона в целом, следовательно, повлечет за собой не только полное разрушение транспортных коммуникаций, строений, но может создать и подпор р.Агстев с непредсказуемыми последствиями.

Можно спрогнозировать, что в случае отсутствия реализации противооползневых мероприятий. Сместившиеся грунтовые массы блока I повлекут за собой не только активизацию блоков II и III, но и создастся ситуация, когда оползневой процессом будут захвачены новые территории вверх по склону в восточном направлении, что приведет к активизации стабильного древнего оползня.

Для подтверждения данных предположений расчетным методом были рассмотрены прогнозные варианты ситуаций, отраженных на рисунках 150, 151 и в таблице 44 (рис.152).

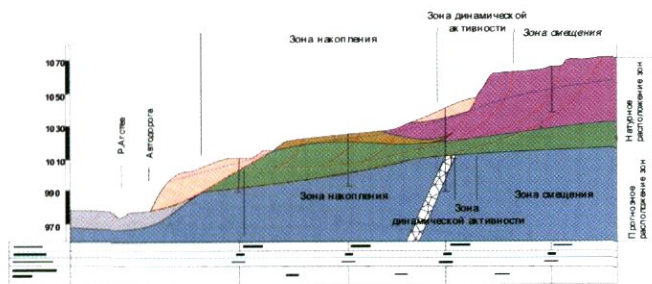


Рис. 152. Прогнозная ситуация развития оползневой процесса на участке

- Учитывая сезонное водонасыщение грунтов оползневой тела и колебание (повышение) уровня грунтовых вод на 6-8м, вероятна ситуация, при которой активизация блока I неизбежна. Это подтверждается результатом расчетного показателя устойчивости $K_u=0,774$.

- В случае полного дренирования грунтовых и инфильтрующихся вод поверхностного стока соответствующими мероприятиями (дренирование) склон не приобретает стабильность, а K_u достигает значения 0,870, что незначительно превышает естественное значение $K_u=0,894$.

- Прогнозируя динамику развития процесса и основываясь на данных разведочного бурения, результаты геофизических и теодолитных съемок, учитывая расчетно-аналитические параметры трансформации зон накопления и смещения можно прийти к следующему заключению: восточный блок I при предельной степени водонасыщения непременно перейдет в стадию критически опасной активности, что повлечет за собой не только подвижки всего оползневой массива, но и негативно изменит направление и величину векторов смещения активизировавшегося оползня.

Необходимо отметить, что в период с 2006 - 2008гг. нами был зафиксирован ряд новых трещин в верхней зоне оползневой тела. Данный факт, безусловно, подтверждает вероятность прогноза чрезвычайной ситуации.

3.3. Рекомендуемые приоритетные противооползневые мероприятия

Для достижения устойчивости оползневой участка «Агарцин» рекомендуется проведение следующих мероприятий (рис.152) (Григорян, 1988):

- сооружение контрфорса из грунтоармированной или габионной конструкции с дренажной системой в языковой зоне оползня (отметка 1020м);
- рекомендуемая конструкция должна иметь веерообразную форму в разрезе, а в плане представлять повторение контура русла р.Агстев;
- основание грунтоармированной конструкции закрепляется в коренном основании склона;
- при сооружении контрфорса русла реки вполне вероятен прецедент перекрытия русла реки, во избежание которого рекомендуется обезопасить с помощью перекрытия русло реки в зоне влияния оползня бетонными плитами;
- в качестве заполнителя (в конструкции) необходимо использовать обломочный или валунно-галечный грунт с минимальным содержанием (до 5%) глинистых частиц;
- сооружение трубчатого дренажа полукольцевой формы для удаления инфильтрующихся атмосферных осадков на отметках 1029 и 1032м;
- сооружение открытого пристенного дренажа из бетонных лотков полукольцевой формы, предназначенного для удаления поверхностных вод на отметках 1052 и 1032м;

- выполнить пригрузку (согласно аналитическому расчету) языковой части оползня – 5000 м³ грунта с использованием того же материала, что и при установке металлической конструкции;
- пригрузку осуществить от левого берега р.Агстев до уровня железнодорожного полотна;
- для транспортной связи г.Иджевана с другими населенными пунктами использовать участок существующей автодороги, проходящей через с.Агарцин;
- для гарантированной стабилизации и продолжительности хозяйственной эксплуатации территории склона провести залечивание оползневых трещин глинистым материалом с последующим покрытием всей площади оползневого тела глинистым понуром;
- осуществить лесомелиоративную посадку культур с устойчивой корневой системой (тутовник, облепиха, ежевика и др.) по всей площади, пораженной оползнепроявлением (рис. 153).

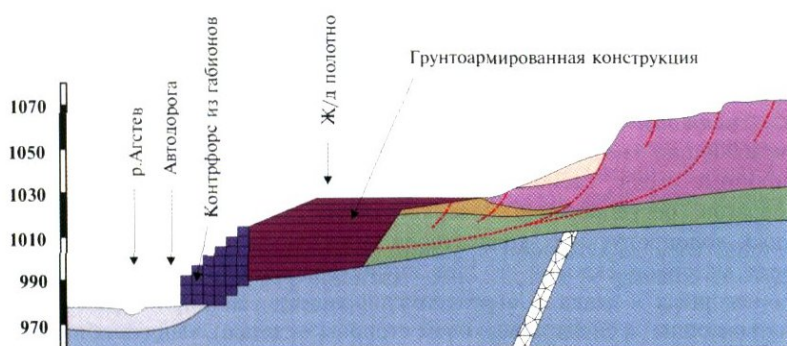


Рис. 153. Возможная ситуация оползневого участка в результате реализации противооползневых мероприятий

Глава десятая

МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИИ И СОЦИАЛЬНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ОБВАЛЬНО-ОПОЛЗНЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ

Методы (способы) предотвращения опасности оползней и обвально-оползневых явлений включают мероприятия инженерной защиты территорий (ИЗТ), в том числе применение защитных сооружений и разделяются на три основные группы:

- методы предотвращения (или резкого уменьшения) воздействия факторов-процессов, приводящих к ухудшению устойчивости склонов по сравнению с наблюдаемой исходной ситуацией;
- методы, предназначенные для повышения устойчивости оползневых и обвалоопасных склонов;
- методы, обеспечивающие нормальное функционирование хозяйственных объектов на оползневых и обвалоопасных склонах (или вблизи от них) в условиях продолжающегося развития оползней и обвально-осыпных явлений (Кутепов, Шеко, 2001).

К методам первой группы относятся берегозащитные мероприятия, предотвращающие воздействие речной эрозии и абразии (противоэрозионные и волноотбойные стены, габионы и пр.), методы защиты от овражной эрозии (крепление днищ оврагов, регулирование поверхностного стока, засыпка оврагов с устройством дренажных водопропускных коллекторов и др.), предотвращение усиленного обводнения грунтовых массивов склонов за счет инфильтрации (системы водоотводящих лотков и канав, нагорных канав, агролесомелиорации) и при развитии подтопления (перехватывающие дренажи с верхней стороны склонов), защита обнаженных откосов от выветривания (защитные покрытия, геотекстиль с сетками каркасно-металлического типа, искусственное создание травянисто-дернового покрытия и пр.), привнесение в неустойчивую грунтовую зону оползневого смещения стабилизирующих грунто-полимерных экранов.

Все это мероприятия являются обычными и консервативными при ИЗТ любых территорий, однако специфика мероприятий, предотвращающих оползневую опасность на склонах, требует учета и устранения оползневого воздействия. Например, берегозащитные стены должны рассчитываться на восприятие оползневого давления.

В качестве защитного покрытия против развития выветривания и эрозии обычно используются «матрасы Рено» (матрасовидные каркасы из проволочной сетки, заполняющиеся гравием и грунтом растительного слоя, зафиксированного геотекстилем), что практикуется и в Армении (Ядоян и др., 2007)

Методы повышения устойчивости склонов включают: изменение рельефа в целях снижения сдвигающих сил в склонах (срезка – уплотнение крутых уступов, террасирование склона, грунтовые контрбанкеты); усиление неустойчивых участков (массивов) и отдельных глыб (останов) горных пород (иногда с заменой слабого грунта на более устойчивый); применение различных удерживающих сооружений и конструкций (подпорных стен, контрфорсов, удерживающих свай и столбов, анкеров, заанкерных плит, укрепляющих покрытий, пломб); уменьшение обводненности массива склона (различных дренажей). Многие из удерживающих сооружений целесообразно применять в комплексном сочетании (Золотарев, 1983).

Для устройства укрепляющих покрытий на круто-наклонных поверхностях в глинистых, суглинистых и щебенистых грунтах часто применяются битумные эмульсии, жидкий битум (Безрук, 1961).

В Армении закрепление неустойчивых грунтов и повышение их прочности достигалось привнесением в массив формальдегидно-мочевинных смол, преимущественно в засоленные и загипсованные грунты с целью предотвращения суффозии и последующего деформирования (Степанян и др., 1972; Степанян, Аствацатурян, 1971) искусственных откосов, а в скальных породах, изменившихся под воздействием геодинамических процессов (с целью предотвращения сдвижения и вывалов, особенно при проведении подземных выработок) – торкрет бетон (Степанян и др., 1986).

Для уменьшения обводненности склонов за пределами толщ, охваченных оползневыми подвижками, используются траншейные горизонтальные барражи, дренажные штольни (оползневая территория на склоне расположения Дома творчества кинематографистов в г. Дилижане), в сочетании с вертикальными дренажными скважинами и колодцами.

Методы ИЗТ, позволяющие эксплуатировать социально-хозяйственные объекты при непрекращающемся действии склоновых процессов, осуществляются преимущественно приостановкой активизации обвально-оползневых процессов (в пределах движущихся оползней). В основном они представлены ограждающими защитными сетками (двойного кручения), улавливающими канавами, полками, сдерживающими стенами. Довольно часто используются защитные галереи и козырьки, обеспечивающие «пропуск» обвалившихся или (реже) оползневых масс над защищаемыми сооружениями. В качестве такой временной полки было использовано полотно автодороги в обход пос. Агарцин, которая сдерживала объем сместившихся оползневых масс и в условиях постоянной расчистки обеспечивала безопасность строений, возведенных в пойме реки и препятствовала запруживанию последней. Одним из возможных вариантов при смещении оползневых масс грунта на оползневом участке у с.Одзун было возведение галереи – «трамплина», от которого впоследствии пришлось отказаться из-за близости уреза реки и опасности ее запруживания.

Необходимо отметить, что противооползневая и противообвальная защита должна быть комплексной, сочетающей мероприятия, относящиеся к разным рассмотренным группам применительно к инженерно-геологическим условиям и уровню активности процесса. В частности, на оползневых склонах практически всегда необходимо осуществление поверхностного водоотвода в дополнение к основным защитным мероприятиям, в качестве которых чаще всего используются изменения рельефа и удерживающие сооружения. Недостаточно регулируемый поверхностный сток, утечки из водонесущих сооружений, недопустимо безобразный подход к орошению приусадебных хозяйств, особенно в последние годы, связанных с износом коммуникаций, приводят в Армении к провоцированному интенсивному и опасному оползневому смещению; на оползневых берегах при наличии речной эрозии комплекс ИЗТ требует включения берегозащитных сооружений (мероприятий) и др.

Ниже приводится информация об отечественном опыте использования мероприятий ИЗТ, разработанных и реализованных на основе качественной и количественной, региональной и локальной оценки опасности и риска оползнепроявления, рассмотренных в главе 7.

§1. Технико-технологические параметры и конструктивные особенности мероприятий и сооружений ИЗТ

Говоря выше о консервативности мероприятий ИЗТ, разработанных в Армении для предотвращения оползневой опасности, опирающихся на международный и отечественный опыт борьбы с оползневыми процессами, следует отметить последнюю совместную работу

НИК «Геориск» при участии японской исследовательской компании JICA Landslide Disaster Management по инвентаризации и градации оползней на территории республики в 2003-2004гг.

Следует отметить, что японские специалисты увязывали разработку мероприятий ИЗТ с мониторинговым контролем за геотехническим и инженерно-геологическим состоянием склонов, подверженных гравитационным и сейсмогравитационным процессам. Особо отмечалось развитие эрозии и выветривания. В приводимой ниже таблице 44 отражена градация степени выветривания горных пород на склоне, способствующая накоплению оползневых образований. В таблице 45 ранжирован перечень мероприятий ИЗТ, основанный на результатах мониторингового контроля за факторами, способствующими оползнепроявлению.

Таблица 44.

Степень выветривания/изменения горных пород

Определение	Описание
Никакого	Никаких видимых признаков выветривания/изменения горной породы
Легкое	Обесцвечивание на основной поверхности разрыва: горная порода может обесцветиться и стать более непрочной, чем свежесобранная порода
Умеренное	Меньше половины горной породы наличествует как в качестве неразрывной структуры, так и каменного ядра
Сильное	Большая часть горной породы – разложившаяся, распавшаяся от грунта, либо и то и другое вместе взятые; первородная структура толщи (массива) и большинство своем не тронута
Полное	Вся горная порода преобразована в грунт; структура массива и структура материала разрушены; имеет место большое изменение в объеме, но грунт переместился незначительно

Таблица 45.

Мероприятия по контролю за оползнепроявлением и разработка ИЗТ [Караханий]

Контроль поверхностного дренажа
Контроль неглубоких подземных вод
Отводной коллектор (нагорная канава) под дренажем
Горизонтальная гравитационная дрена
Интерцептор дренажной канавы
Контроль глубоких подземных вод
Горизонтальная гравитационная дрена
Скважина вертикального дренажа
Дренажная галерея (водоотливная штольня)
Удаление земли (пригрузки), планировка
Контрфорсная закладка (засыпка)
Речная структура

Мероприятия по задержанию оползней
Сваи
Набивные стержни большого размера
Якоря (анкеры)
Подпорные стенки
Другие мероприятия в комплексе

Как следует из данных таблицы 45, перечень мероприятий ИЗТ соответствует группам ранее выделенных методов и сооружений, использованных в Армении для стабилизации и предотвращения оползнепроявления.

Ниже приводятся основные требования и перечень соответствующих СНиП-ов и ГОСТ-ов, используемых для обоснования ИЗТ от оползней, а также спецификация и реестр мероприятий и сооружений, реализуемых в Армении для стабилизации оползневых процессов в региональном и локальном их проявлении.

§.2. Основные положения и требования к обоснованию материалов и принятой документации по ИЗТ от оползней

Как известно и уже отмечалось выше, оползневой процесс проходит через определенные стадии:

- предоползневая – связанная с формированием условий, достаточных для сдвига оползневой подвижки грунтов, образующих склон;
- оползневая – смещение пород и постепенное затухание подвижек;
- временная стабилизация – вновь приобретенная в процессе смещения устойчивого оползневого склона.

Предоползневая стадия может быть кратковременной или длительной, когда в течение некоторого времени происходит разрушающая работа атмосферных агентов (выветривание, эрозия), подземных и поверхностных вод (эрозия, суффозия, подмыв, осадки), геоклиматическая активизация, антропогенная деятельность (подрезка и перегрузка склонов) и др., что, в конечном итоге, приводит к оползанию.

Стабильность оползневого склона может быть достигнута лишь при полном устранении или значительной минимизации причин, способствующих оползнепроявлению.

Противооползневые мероприятия и искусственные сооружения ИЗТ осуществляются, как правило, на предоползневой стадии в профилактических целях, на потенциально оползнеопасных участках склона и входят в состав технико-экономического обоснования или схемы инженерной подготовки оползневой территории, разработанных для перспективного решения проблем хозяйственного освоения оползнеопасных территорий.

Согласно «Пособию по оценке геофизических процессов.....» (Арутюнян и др., 1999), территория, предназначенная для хозяйственного освоения, оценивается как пригодная, потенциально пригодная и непригодная.

Следует сослаться на пример освоения оползнеопасного склона площадью в 10,0 га, предназначенного для возведения оздоровительного центра на территории г. Цахкадзор (Котайкская область РА). В результате предварительных изысканий и исследования оползневой опасности, осуществленных АО «Арминжпроект» в 2005 г., рассматриваемая территория была признана непригодной для строительного освоения (Гинюян и др., 2005).

Результаты изысканий и исследований были переданы в УЧС МТУ РА для контрольной оценки, возможного использования территории под возведение оздоровительного центра. Комиссия из представителей УЧС МТУ РА, ЕГУ, ИГН НАН РА на основе анализа материалов изысканий и визуальных обследований участка, пришла к выводу о недостаточности объема и направлений исследования для столь категоричного отрицательного заключения о невозможности строительного освоения этой территории. Была разработана программа дополнительных исследований оползнеопасности территории, а также мероприятий инженерной противооползневой защиты территорий, включающей дренажные работы, устройство буронабивных свай, удерживающих стен с сопутствующим дренажом, укрепления русла р.Угольница, каптажем родников и пр. Реализация разработанных в программе ИЗТ мероприятий позволила отнести рассматриваемую территорию к условно пригодной.

Совместное рассмотрение проекта застройки возведения комплекса позволило наметить поэтапную реализацию мероприятий ИЗТ параллельно со строительным освоением, внося коррективы в процесс строительства комплекса и увязки его с основными элементами ИЗТ (Степанян и др., 2007).

Класс капитальности противооползневых сооружений непосредственно зависит от класса и капитальности защищаемых объектов, сооружений и коммуникаций (табл.46).

Таблица 46.

Классификация ИЗТ в зависимости от класса капитальности

Класс капитальности противооползневых сооружений	Объекты, защищаемые от оползневой опасности и место их расположения
I	Защищаемые объекты располагаются непосредственно на противооползневых сооружениях
II	Объекты (промышленные, жилые застройки, магистральные дороги и трубопроводы) располагаются в зоне конкретного противооползневого комплекса
III	В зоне конкретного противооползневого сооружения находятся сады или сельхозугодья

Обоснованием проекта противооползневой защиты территории склона служат механизм и факторы оползнепроявления, оценка устойчивости оползневого склона в естественном его состоянии, прогноз устойчивости оползневого склона с учетом дополнительной пригрузки склона, подтвержденные достаточностью запроектированных противооползневых сооружений, сейсмической нагрузки и капитальности защищаемых зданий, сооружений и коммуникаций.

В расчетах устойчивости оползневых склонов учитываются одновременное действие различных нагрузок (постоянных и временных) и их сочетаний (СНиП «Нагрузки и воздействия», 1998)

Особому учету подлежит горизонтальная составляющая сейсмических сил, направленная в сторону возможного смещения оползня и определяемая (для районов с интенсивностью сейсмических воздействий 6 и более баллов) с учетом коэффициента сейсмичности (табл. 47).

Рекомендуемые значения, коэффициенты сейсмичности от фоновой сейсмичности территории

Расчетная сейсмичность в баллах	6	7	8	9	10
Коэффициент сейсмичности	0,01	0,025	0,05	0,10	0,25

В состав комплексов противооползневой защиты территорий включаются сооружения и реализуются мероприятия наиболее эффективные для конкретных условий оползневых склонов, обеспечивающие устранение причин нарушения его общей или частичной устойчивости.

§3. Перечень противооползневых мероприятий и сооружений и кадастровый список руководящих нормативных документов, используемых в Армении при разработке ИЗТ

Назначение комплекса противооползневых сооружений и мероприятий осуществляется на основе детальных инженерно-геологических и геотехнических изысканий и исследований, устанавливающих все многообразие причин и факторов оползнепроявления, оценивающих степень их влияния на нарушение общей и частичной устойчивости оползнеопасных склонов.

К противооползневым сооружениям относятся:

- закрытые и открытые водостоки, нагорные лотки, каналы и канавы-осушители с грунтовыми и укрепленными откосами, лотки – перехватчики стока в тальвегах, дорогах, оползневых склонах, быстротки и перепадные колодцы;
- горизонтальные, вертикальные и комбинированные дренажи с глубоким и мелким заложением дренирующих элементов, пластовые дренажи, дренажные прорези, каптажи родников и фронтальных выклиниваний подземных вод;
- грунтовые контрбанкеты (контрфорсы) в подошве и на устойчивых террасах оползневых склонов со свободным и укрепленным откосом;
- удерживающие сооружения: свайные укрепления с ростверками и анкерными устройствами, буронабивные сваи, столбы и обтекаемые фундаменты, противооползневые подпорные стены;
- откосные и вертикальные береговые укрепления (жесткой габионкой с засыпкой, неизменяемой конструкции), береговые опояски;
- руслорегулирующие сооружения: речные буны, шпоры струнаправляющие дамбы, барражи, перепадные устройства, смягчающие продольные уклоны водостоков.

К противооползневым мероприятиям относятся:

- образование искусственного рельефа с уполаживанием и террасированием склонов;
- планировка склонов и террас;
- удаление оползневых накоплений со склонов из некачественных эрозионных грунтов: песчано-гравийных, каменных останцов и др.;
- устройство фильтрующих и водонепроницаемых покрытий на склонах и террасах;
- устройство грунто-полимерных экранов, способствующих устойчивости склонов;
- частичное или полное заполнение оврагов грунтом;
- лесомелиорация со специальным подбором комплекса растительности, отвечающего требованиям повышения устойчивости оползневых склонов.

При разработке и проектировании сооружений и мероприятий инженерной противооползневой защиты территорий рекомендуется руководствоваться следующими нормативными документами:

1. СНиП «Инженерные изыскания для строительства».
2. Пособие «Оценка геофизических процессов с обоснованием инженерной защиты территорий».
3. СНиП «Нагрузки и воздействия».
4. СНиП «Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования».
5. СНРА П.2.02-94 «Сейсмостойкое строительство».
6. СНиП «Планировка и застройка населенных мест. Нормы проектирования».
7. СНиП «Подпорные стены гидротехнических сооружений».
8. СНиП «Земляные сооружения. Правила производства и приемки работ».
9. СНиП «Плотины из грунтовых материалов».
10. СН «Указания по проектированию общих коллекторных подземных сетей населенных мест».
11. СН «Указания по определению расчетных гидрологических параметров».
12. Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития оползней. ПНИИСС, «Фундаментпроект», М., 1979.
13. Рекомендации по инженерно-геологическим, инженерно-геодезическим, геофизическим изысканиям и исследованиям для разработки мероприятий ИЗТ. «Арминжпроект», Госкомархитектура РА, Е., 1992.
14. Инструкция по проектированию защиты от оползней населенных пунктов, зданий и сооружений. Минжилкоммунхоз, М., 1976.
15. СНиП «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования».

В соответствии с требованиями СНиП (СНиП 2.01.15-90, 1991) инженерная защита территорий осуществляется на застроенной (в региональном плане) и застраиваемой (в локальном плане) территориях, где разработка ИЗТ осуществляется в пределах границ, подверженных воздействию опасных геологических процессов (ОГП), выявленных по материалам рекогносцировочных и детальных изысканий и исследований.

Ниже приводится отечественный опыт региональной (на примере территории Арташатского района Араратской области РА) и локальной (на примере склона у с.Одзун Лорийской области РА, территории Дома творчества кинематографистов в г.Дилижане и склона по железнодорожной трассе у с.Агарцин Тавушской области РА) оценок оползнепроявления, послуживших обоснованием разработки мероприятий и защитных сооружений ИЗТ.

§4. Рекомендации по реализации мероприятий и сооружений ИЗТ

В соответствии с региональной оценкой оползневой опасности и риска территории Арташатского района (см. табл. 44, 45, 46; глава 7), пораженность оползне-обвальными процессами составляет 0,26%. В большинстве случаев причиной развития оползневых процессов является наличие в разрезах склонов пластичных глин, а также эрозионный подмыв подошв и обводненность грунтов склонов, техногенная нагрузка и геодинамическая обстановка. Переувлажнение грунтов вызывает некоторое изменение структурных и геотехнических свойств грунтов, что приводит к ослаблению контактов между слоями пород, слагающих склон, снижению прочности и, как следствие, оползнепроявлению. Особенно четко эти явления прослеживаются в зонах разрывных нарушений и областях распространения терригенно-карбонатных пород (с.с. Гейласар, Мец

Гиланвар, Елинджа и Покрик). Здесь зафиксированы крупные, сложные циркообразные оползни с захватом коренных пород, где глубина захвата колеблется в пределах от 15 до 40м. Большинство современных оползней активизируется весной, в период таяния снегов и обильного выпадения дождей. Активизация этих оползней связана также с интенсивной глубинной эрозией р.Азат и ее притоков Гиланлар и Севджур и зоной тектонических нарушений. Здесь отмечаются водотоки в пониженные зоны рельефа в виде родников, выклинивающихся в глубокие эрозионные срезь, обводняя вулканогенно-осадочные отложения, обладающие высокой чувствительностью к деформированию.

4.1. Прогнозная оценка опасности и риска оползнепроявления на рассматриваемой территории до 2010г.

Прогнозная оценка возможной активизации оползне-обвальных процессов на рассматриваемой территории базировалась на визуальном маршрутном обследовании реальных и потенциально оползнеопасных участков, а также сопоставительном анализе данных дешифрования аэрофотоснимков и высотных съемок разных лет, позволяющих выполнить корректировку инженерно-геологических карт.

В условиях техногенеза природное равновесие на территории Арташатского района Араратской области РА серьезно нарушается, особенно в пределах распространения пластичных глинистых грунтов и в зонах разрывных нарушений. За последнее десятилетие рост напряженности обвально-оползневыми явлениями достигает 0.5-0.6% общей площади территории в год (до 6.0 га в год пораженной территории). Исходя из рассматриваемых условий проведена прогнозная пообъектная оценка возможной активизации оползне-обвальных процессов на территории Арташатского района, результаты которой приведены в таблице 48.

Данные таблицы 48 показывают, что площадь пораженности территории обвально-оползневыми процессами может достигнуть 9.1 га, т.е увеличиться на 0.46%. Исходя из угрожающего характера развития опасных обвально-оползневых процессов, фактического и прогнозируемого ущерба территории Арташатского района Араратской области РА, а также социально-экономическим объектам, был разработан комплекс профилактических мероприятий и защитных сооружений с целью предотвращения активизации процессов.

Мероприятия и защитные сооружения направлены на регулирование поверхностного стока, дренирование и перехват подземного стока, снижение напряженно-деформированного состояния склонов, укрепления берегов рек и оползневых тел.

Большое значение отведено мелiorативным работам (посадка долголетних сортов деревьев и кустарников с устойчивой корневой системой), а также мероприятиям по понижению уровня грунтовых вод, удерживающих стационарных подпорных капитальных бетонных стен и ограждающих конструкций.

Таблица 48.

Реальные и прогнозные оценки оползнепроявления

№№ п/п	Наименование населенного пункта	Площадь пораженности территории на рассматриваемый период, га (1992г.)		Прогнозируемый рост пораженности территории в га до 2010г.	
		активная	не активная	активная	не активная
1.	Айгезард	73.1	133.5	0.3	0.5
2.	Айгестан	-	37.7	-	0.2
3.	Ареваот	-	44.3	0.4	-
4.	Баграмян	22.5	1.3	0.1	-
5.	Барурашен	2.5	8.7	-	0.45

6.	Арташат	-	3,7	-	0,1
7.	Востан	50,6	-	0,3	0,1
8.	Далар	66,1	20,0	0,3	0,1
9.	Двин	-	162,5	0,2	0,4
10.	Масис	-	6,7	-	0,2
11.	Маргануш	5,6	61,6	0,1	0,6
12.	Мхчян	5,6	2,4	0,2	-
13.	Ншеван	-	10,1	-	0,1
14.	Шаумян	-	2,4	0,1	0,1
15.	Прочие территории района	300,0	470,0	1,5	2,4
Итого по району		528,0	967,0	4,5	4,62

В таблицу 49 сведены данные о пораженности территории Арташатского района Араратской области РА, количестве оползневых участков и перечень мероприятий и сооружений ИЗТ, связанных с конкретной территорией, подверженной оползнепроявлению

С целью решения перечисленных вопросов районной и городской планировки для внесения корректировки в генеральные планы населенных пунктов, была проведена оценка оползневой опасности застроенных и планируемых к хозяйственному освоению территорий, для которых были разработаны мероприятия ИЗТ (табл. 50).

Спецификация ИЗТ в соответствии со степенью пораженности территорий

№ п/п	Наименование населенного пункта	Площадь пораженности, га		Кол-во оползней	Спецификация противоползневых мероприятий			
		активная	неактивная	единиц	Регулирование поверхностного стока	Дренажирование и перехват подземных вод	Снижение напряженно-деформированного состояния склонов	Укрепление берегов рек и устойчивость оползневых тел
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Айгезард	73,1	135,5	14,0	а) Устройство нагорных канав и водоотводящих каналов на 1га - 60м на площади 50га, протяженностью 3500 п.м. б) Лесопосадки на площади 20га в) Планировка склонов на площади 15га	Регулирование вод контактных зон путем каптажных работ. 10 каптажей общей протяженностью 280м, глубиной в 2,0м и шириной 1,0м. Объем земляных работ - 560м ³	а) Устройство однорядных водозаборов горизонтальными скважинами (3 скважины глубиной 50м, всего 150м) б) Удаление и перевозка грунтов на расстоянии 0,6км, объемом 100м ³ (планировка и разгрузка склона)	а) Заделка, цементация трещин отрыва глубиной до 2,5м при ширине 0,2м. Всего по длине 20,0м. Всего 40 трещин длиной 800м обемом 400м ³ б) Подпорные стены из монолитного бетона М-150 длиной 80 п.м
	Айгестан	-	37,7	4,0	Лесопосадки на площади 5,0 га	2 каптажа объемом 80м ³ протяженностью 100м	-	-
	Аревшат	-	44,3	6	а) Лесопосадки на площади 8,0 га б) Устройство нагорных водоотводящих каналов протяженностью 250м	Каптажные мероприятия на расстоянии 160м	-	-
	Баграмян	22,5	1,3	11,0	а) Устройство водоотводящих канав протяженностью 1300м б) Лесомелиорация на площади 8,0га в) Планировка на площади 4,0га	а) Каптаж - 200м б) Горизонтальный дренаж - 280м	а) Вертикальный водозабор из трех скважин глубиной 50м, диаметр 168мм, всего - 150 м б) Горизонтальный водозабор из четырех скважин длиной 40м, всего - 160 м	а) Заделка и тампонаж трещин объемом 249м ³ б) Удерживающие стены - 120,0м в) Свайные крепления объемом 170 п.м
	Барурашен	2,5	8,7	3	Устройство водоотводящих канав протяженностью 300 п.м	Каптаж - 200м	Горизонтальный водозабор из двух скважин длиной 60,0м	Заделка и тампонаж трещин, всего 150м ³
	Аревшат	-	3,7	2	а) Устройство водоотводящих канав 200 м б) Лесомелиорация на площади 1,5га	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Аревшат	-	3,7	2	а) Устройство водоотводящих канав – 200 м б) Лесомелиорация на площади 1,5га	-	-	-
	Востан	50,6	-	3	а) Устройство водоотводящих канав – 500 м б) Планировка склона на площади 9,0га в) Лесомелиорация на площади 4,0га	а)Каптаж – 250м б) Горизонтальный дренаж на расстоянии 110м	Горизонтальный водозабор из четырех скважин длиной 60м, всего – 200 м	Подпорные стены общей длиной 150м
	Далар	68,1	20,0	3	а) Устройство нагорных канав протяженностью 150м. б) Лесомелиорация на площади 10,0га	а)Каптаж – 250м б) Горизонтальный дренаж протяженностью 160м	Горизонтальный водозабор (шгольня) сечением 2,7м ² на расстоянии 100м	Подпорные стены на расстоянии 150м
	Двин	-	162,5	3	Агрлесомелиорация на площади 20,0га	Каптаж – 400м	-	-
	Масис	-	6,7	1	а) Устройство нагорных водоотводящих канав – 1400м. б) Лесопосадки на территории 2,0га	-	-	-
	Мартуни	5,6	61,6	4	а) Устройство нагорных водоотводящих канав 300м. б) Агрлесомелиорация на площади 8,2га	а) Каптажные работы – 600м б) Горизонтальный дренаж – 140м	Горизонтальный водозабор из скважин длиной каждой 50,0м, всего 200м	а) Подпорные стены – 80,0м б) Заделка и тампонаж глубиной 2,0м всего 50 п.м
	Мхчян	5,6	2,4	2,0	а) Устройство нагорных канав протяженностью 700м. б) Лесопосадки на площади 3,0га	Каптаж – 240м	Горизонтальная дренажная галерея сечением 2,7м ² на расстоянии 120м	Заполнение и тампонаж трещин 60м ³
	Ншеван	-	10,0	1	Агрлесомелиорация на площади 4,0га	-	-	-
	Шаумян	-	2,4	1	а) Устройство нагорных канав 260м	-	-	-
	Прочие территории	300	470	26	а) Устройство водоотводящих канав – 1200 м б) Планировка склона на площади 40,0га в) Лесопосадки на площади 60,0га	а) Каптажные работы – 800м б) Горизонтальный дренаж на расстоянии 500м	Устройство водозаборов из горизонтальных скважин для шести ополневых участков – всего 600 п.м.	а) Заделка и тампонаж трещин отрыва – 850м ³ б) подпорные удерживающие стены, всего 5 общей длиной 150м

Спецификация мероприятий ИЗТ для стабилизации влияния конкретного природного процесса на инфраструктуру населенного пункта

№ п/п	Наименование населенного пункта	Регулирование поверхностного стока	Дренажирование и перехват подземных вод	Регулирование напряженно-деформированного состояния склонов	Укрепление берегов рек и обеспечение устойчивости оползневых тел
1	Мец Гиланхар	а) Устройство водоотводящих нагорных канав длиной 600м б) Лесомелиорация на территории 5,0га	Каптаж грунтовых вод в трех зонах с расстоянием 230,0м	а) Волозабор из четырех вертикальных скважин глубиной до 50,0м б) Горизонтальные штольни сечением 2,7м ² в двух зонах длиной 80,0м	а) Заделка и тампонажная цементация трещин объемом – 800м ³ б) Подпорные стены, высотой до 3,0м, общей длиной 140,0м в) Свайные крепления глубиной до 40,0м, всего 20 свай объемом 800м
2	Елиджа	а) Устройство водоотводящих нагорных канав длиной 500м б) Лесомелиорация на территории 3,0га	а) Каптаж грунтовых вод в двух зонах на расстоянии 160,0м б) Горизонтальный дренаж на расстоянии 80м	Водозабор из трех горизонтальных скважин глубиной до 50,0м, всего – 150м	а) Заделка и цементация оползневых трещин в объеме – 300м ³ б) Выпояживание склонов на площади 2,5 га в) Подпорные стены, высотой до 3,0м, общей длиной 100,0м
3	Имирзин	а) Устройство нагорных водоотводящих канав протяженностью 300,0м б) Мелиорация на площади 2,0га	Каптаж грунтовых вод в двух зонах с расстоянием в 100,0м	а) Горизонтальная галерея длиной 80,0м б) Водозабор из двух вертикальных скважин глубиной до 40,0м	а) Заделка и цементация трещин в объеме – 200м ³ б) Подпорные стены, высотой 2,5м, длиной 90,0м
4	Гайласар	Устройство водоотводящих нагорных канав протяженностью 200,0м	Каптаж родников в трех зонах с расстоянием в 120,0м	Водозабор из двух вертикальных скважин глубиной 40,0м каждая	Подпорные стены, высотой 3,5м, длиной 60,0м
5	Колодиби	Устройство водоотводящих нагорных канав протяженностью 320,0м	Каптаж родников на двух участках с расстоянием в 80,0м	Водозабор из трех горизонтальных скважин общей длиной 140м	Подпорные стены, высотой 2,0м, длиной 80,0м

§5. Обоснование рекомендаций по ИЗТ на территории г. Дилижан

Оползневые процессы получили широкое развитие на территории г. Дилижана. Геологическое строение (наличие мощной толщи грунтов Дилижанской свиты, склонной к явлениям глубинной ползучести), гидрогеологические условия, а также особенность морфоструктур, большой перепад высот, крутизна склонов и разнообразие их форм создало благоприятные условия для развития гравитационных процессов.

Высота и крутизна склонов или отдельных их участков (уступов) является одним из существенных факторов оползнеобразования. Чем больше высота склона, тем выше вес пород, создающих давление на грунты, залегающие гипсометрически ниже, что ведет к увеличению их напряженного состояния. Увеличение крутизны склона вызывает повышение касательных напряжений и, соответственно, их градиентов.

Интенсивность проявления гравитационных смещений грунтовых масс обусловлена сочетанием целого ряда естественных и антропогенных факторов, в совокупности нарушающих устойчивость горных пород склона.

Антропогенными факторами воздействия на природные конструкции являются подрезки их оснований, пригрузка верховых зон строительным освоением территории, производство планировочных земляных работ, а также дополнительное увлажнение склонов ненормированным поливом и утечками воды из водонесущих коммуникаций.

Подрезка склонов и откосов с проложением улиц и их застройкой, проложение железных и автомобильных дорог (улица Барекамутян, ж/д Гюмри-Дилижан, автодороги с. Дарнас–г. Ванадзор, Гюмри–Ванадзор–Дилижан и др.) являются наглядным примером линейной подрезки вдоль средней и нижней зон склонов значительной протяженности. В целях защиты подрезанных участков склонов от оползневой опасности осуществлено возведение поддерживающих (каменных полпорных стен высотой 2,5-3,0м) и удерживающих конструкций (сборных блоко-бетонных стен тех же размеров) общей протяженностью в несколько километров.

Интенсивная расчлененность рельефа с зонами естественной разгрузки водонесущих горизонтов на склонах, сезонное повышение уровня грунтовых вод в пойменных и водораздельных участках, несовершенство вертикальной планировки при строительном освоении территорий, отсутствие ливневой и хозяйственной канализации вызывает серьезное подтопление застроенной территории и способствует активизации оползневых процессов.

Положение усугубляется техногенным фактором, связанным с утечками водонесущих коммуникаций; с нарушением путей естественного стока; замедлением процесса испарения в связи с плотной застройкой и асфальтированными покрытиями; с созданием водоемов, прудов и бассейнов и др.

Процессы подтопления вследствие разгрузки водонесущих горизонтов способствуют образованию оползней–потоков на территории г. Дилижана (Мец Тала, Тахта).

Одним из основных оползнеобразующих факторов территорий г. Дилижана являются гидрогеологические условия, обусловленные широким распространением грунтовых вод, способствующих повышению гидродинамического давления на породы склонов, образующих поверхность скольжения и уменьшающих коэффициенты сцепления и устойчивость склонов.

В результате исследований, осуществленных отделом геомеханики ИГН АН АРМ.ССР (Тер-Степанян и др., 1966) была выявлена зависимость интенсивности оползнепроявления с количеством грунтовых вод, поступающих с высокогорной равнины, расположенной на высоте 1300-1500м ЮВ г. Дилижана (район Мец Тала). «Армгосстроем» был разработан проект дренирования грунтовых вод с помощью траншей длиной в 50м, глубиной 6-7м и шириной по верху 8-10м. Однако траншея не достигла водоупора и не

вскрыла водоносный горизонт на полную мощность. В 1971 г. дополнительными исследованиями в пределах четвертичной суглинисто-глинистой толщи были выявлены 4 водоносных горизонта. Дренаж (проект «Армгидропроект») был осуществлен путем комплексной проходки дренажных штолен и каптажных скважин, отбирающих воду с разных отметок.

Русла рек Агстев, Оваджур, Блдан в пределах г. Дилижана защищены от разливов берегоукрепительными сооружениями общей протяженностью в 100,0 км. Наряду с бетонными стенами широко применялись берегоукрепительные системы из габионных блоков высотой 2,5м и шириной 1,5м. С целью снижения инфильтрации и предотвращения эрозии и оврагообразования на территории г. Дилижана регулирование поверхностного стока осуществляется широкой сетью открытых водостоков в виде канав и лотков вдоль дорог и оползневых участков и уступов склонов.

5.1. Оценка эффективности существующих и рекомендуемый комплекс инженерно-защитных сооружений

В пределах исследуемых территорий г. Дилижана и прилегающих населенных пунктов Тавушской области РА проведен значительный объем изысканий и исследований по защите жилых и промышленно-хозяйственных объектов от неблагоприятного воздействия современных экзогенных геологических процессов.

Оценка эффективности функционирующих сооружений инженерной защиты территорий складывается из поэтапного рассмотрения технической, инженерно-геологической и общей эффективности. Инженерно-геологическая эффективность осуществляется расчетом степени повышения коэффициента устойчивости оползнеобвальных склонов, техническая – эксплуатационной надежностью и техническим состоянием мероприятий и сооружений ИЗТ. Затем рассчитывается общая сравнительная экономическая эффективность.

Из-за отсутствия надзорных организаций мониторингового контроля, паспортизации и служб контроля за эксплуатационной надежностью сооружений ИЗТ, оценка технической эффективности вызывает определенные трудности. В то же время, визуальные обследования основных сооружений ИЗТ после Спитакского 1988г. землетрясения позволили выявить ряд существенных недостатков.

В частности, большинство удерживающих подпорных стенок, возведенных при подрезке склонов и прокладке дорог, были запроектированы без требуемого расчета на воздействие оползневого давления и учета условий обеспечения общей устойчивости склонов. Часто возведение стен носило декоративный характер, обеспечивающих перехват незначительного объема осыпей рыхлого мелкообломочного грунта.

Отмечены случаи деформирования – выпадение отдельных каменных блоков, значительная трещиноватость со смещением, разрушение на отдельных участках сплошных бетонных берегоукрепительных стен в результате подмыва из-за недостаточной глубины заложения фундаментов.

При выборе типа берегозащиты наиболее рациональным представляется применение габионных креплений с использованием местных строительных материалов, что исключит подпорное воздействие грунтовых вод и, соответственно, подтопление городской территории.

В работах гидрогеологической экспедиции «Армгеология» с целью осушения оползневых участков г. Дилижана был выбран тестовый оползневой участок в районе «Тахта» г. Дилижана, на котором были пробурены две горизонтальные скважины длиной 12 и 16м. Был предусмотрен значительный уклон 0,5-1,2м с целью организации самотечного дренажа. Суммарный расход скважин составил 0,255м/сек. При этом понизился уровень

грунтовых вод в вертикальных контрольных скважинах (установившееся понижение в пределах 2,2-3,5 от радиуса влияния горизонтальных скважин).

Более перспективным представляется вариант заложения горизонтальных скважин в два яруса. Скважины первого (верхнего) яруса следует заложить выше оползневого тела с целью дренирования поступающих из гипсометрически выше расположенных сильно трещиноватых вулканических пород и инфильтрующихся вод поверхностного стока. Скважины рекомендуется заложить в 3-4 кустах по 4-5 скважин в каждом веерообразно. Скважины нижнего яруса предназначены для вскрытия подошвы оползневого тела с целью захвата и дренажа подземных вод из оползневого массива.

После катастрофического Спитакского землетрясения 1988г. институтом «Арминжпроект» в составе генерального плана развития г. Дилижана была разработана детальная схема инженерной защиты территории города и важных социально-хозяйственных объектов от опасных геологических процессов.

Детальная схема и проект ИЗТ (Восканян и др., 1995) на основе материалов инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических, геодинамических и экономических данных, проверочных испытаний и исследований включали расчет устойчивости склонов с учетом районирования территории города по степени опасности проявления ЭПП, прогноз их неблагоприятного развития с целью выбора комплекса защитных сооружений и мероприятий, очередности их возведения, с учетом существующей и перспективной застройки. Детальная схема ИЗТ предусматривала поэтапную реализацию намеченных мероприятий по борьбе с оползнями, носящих комплексный характер и заключающийся в последовательном осуществлении нижеследующих работ:

- регулирование поверхностного и подземного стоков и дренаж подземных и инфильтрующих вод;
- изменение рельефа и перераспределение масс грунтов с целью повышения устойчивости склонов (планировочные земляные работы);
- закрепление потенциально опасных скальных грунтов и смещаемых оползневых масс грунта поддерживающими и удерживающими сооружениями;
- искусственное улучшение свойств грунта (грунто-полимерные экраны, добавки, химическое закрепление и др.);
- укрепление берегов рек и защита их от подмыва и размыва;
- агро-мелиорация территорий склонов;
- мониторинг оползнеопасных зон и ведение контроля за режимом и эффективностью эксплуатации защитных сооружений и др.

5.2. Локальная оценка состояния оползневого склона в пределах территории Дома Творчества Союза кинематографистов (ДТК) в г. Дилижане

В геоморфологическом отношении участок представляет собой территорию склона, переходящего в своей нижней части в довольно глубокий лог, протягивающийся до р.Агстев с северо-востока на юго-запад; в нижней части его направление меняется с востока на запад. Перепад высот на участке составляет 170м (от 1120м – уреза р. Агстев до 1290м у зоны водораздела). Оползневой участок, на котором базируется ДТК, расположен по правому борту р. Агстев, в месте расширения Дилижанской котловины, обусловленного тектоническими структурами, где сохранились элементы аккумулятивных террас денудационной и эрозионной деятельности р. Агстев и ее притоков, создающих неустойчивую зону гравитационного неравновесия, определяющую вовлечение в оползневые подвижки значительных объемов пород Дилижанской свиты. Последние представлены чередующимися рыхлыми конгломератами, песчаниками, алевролитами,

бентонитами и суббентонитами с прослоями рассланцованных углистых глин. На указанные отложения налегают коллювиально-оползневые накопления и аллювиально-озерные образования с включением глин и обломков коренных пород, а также с маломощными прослоями супесей, суглинков и глин. В результате изысканий и технического опробования образцов керна выделяется значительная зона трещиноватости пород Дилижанской толщи, повышено гидрофильные, часто переходящие в вязкопластическое состояние (потенциально оползнеопасные накопления), механизм смещения которых определяется гидрогеологическими особенностями. Четвертичные отложения, с которыми в основном связаны оползневые проявления, представлены различными суглинками, супесями и обломками коренных пород (15-28%) с суглинисто-супесчаным заполнителем мощностью до 40,0м.

Севернее ДТК, в виде высокой и практически отвесной стены обнажаются дациты, прослеживающиеся на запад до монастыря Джухтак-Ванк. Между ними в виде полосы шириной 50м проходит зона крупного разлома. Следует отметить, что рассматриваемый район характеризуется сложностью тектонических условий и входит в Сомхето-Иджеванскую складчатую зону. Дилижанская тектоническая зона является крупным дизъюнктивным нарушением. На участке ДТК зона разлома перекрыта коллювиально-оползневыми накоплениями.

5.3. Современная активизация оползневых процессов на склоне рассматриваемой территории ДТК

Исследованный участок является частью очень крутого Дилижанского оползневого склона, на котором действуют многочисленные оползни различных генетических типов и масштабов.

Рассматриваемый оползень, активизация которого произошла в августе 1982г. характеризовался следующими параметрами: длина оползня по оси движения – 90м, ширина – 50м, относительная высота бровки срыва (от уреза ручья) – 14,0м, стенка срыва – 2,8-5,0м, глубина захвата – 4-7м, крутизна – 35-40°.

Плоскость скольжения оползня проходит по глинистому слою делювиально-коллювиальных оползневых накоплений, служащих водоупором, на котором вскрыто линзообразное скопление грунтовых вод. Активизация оползня на рассматриваемый период, по данным Дилижанской экспедиции ИГН АН Арм.ССР, была связана со сбросом воды, транспортируемой из подвальных этажей главного корпуса, где было зафиксировано большое скопление грунтовых вод. По генезису это – оползень течения. В лицевой части зафиксирован выход двух родников (расстояние – 100м) с дебитом 0,25л/сек. На тот период оползневыми подвижками был охвачен лишь небольшой участок склона – в зоне подъездной дороги к одному из коттеджей. Тогда же был сделан прогноз, что при сохранении выявленного состояния весь комплекс ДТК может быть разрушен оползневыми смещениями с перспективой развития вверх по склону и охватом всей территории застройки.

В 1986 году произошел новый этап активизации оползня, охватившего весь склон, плоскость скольжения которого по контакту делювиально-коллювиальных отложений с подстилающими песчано-глинистыми породами Дилижанской свиты зарегистрирована на глубине 8-15м. На указанном контакте вскрыты грунтовые воды, имеющие повсеместное распространение. Изысканиями «Армгидропроекта» был вскрыт крупный древний оползень, расположенный на восточной окраине участка ДТК (район гаражей). Длина его по оси движения – 1км, ширина в средней части – 0,4-0,5км с вектором смещения с юга на север. Уровень грунтовых вод (УГВ) – 2,0м. В теле оползня у шоссеной дороги Дилижан-Парзлич оконтурена суффозионная воронка шириной 50-70м и глубиной в 1,5м.

С целью предотвращения угрозы возможного обводнения выявленных оползневых блоков и поражения всей территории ДТК были предложены и реализованы известные дренажные мероприятия по осушению оползневого склона с помощью штольни (сечением 2,8 x 1,5м) и серии горизонтальных скважин, обеспечивающих перехват воды с территории комплекса и сброса их в штольню. Как выяснилось впоследствии, штольня, благодаря недостаточности заглубления и расположения, не обеспечивала эффективный перехват воды, что не способствовало стабилизации оползневого процесса.

В 1989 году после Спитакского 1988 года землетрясения произошел новый этап активизации оползня, который привел к большому смещению земляных масс в объеме 750 тыс. м³ грунта шириной в 120м, длиной 80м и высотой 8,0м, что вызвало разрушение 8, 10 и 12 коттеджей, деформированию основного корпуса и подъездной дороги (рис.154).



Рис.154. Фрагмент оползневого участка у основного корпуса ДТК

Для оценки напряженно-деформированного состояния склона был осуществлен комплекс работ с применением методов импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) и биолокации (Чалый и др., 1989), что позволило выделить в пределах оползневого склона напряженные зоны с повышенным фоном значений, расположенных в основном выше свершившегося оползневого смещения, приуроченные к тектоническим нарушениям.

Наиболее активная зона располагалась ниже главного корпуса ДТК и характеризовалась значениями порядка 400-450 имп/сек. Длина этой зоны вдоль склона – 50,0м, ширина – 40,0м. Другая зона с высокими показателями ЕИЭМПЗ располагалась выше главного корпуса вдоль дороги по территории ДТК – порядка 300 имп/с.

Эти исследования были учтены генеральным проектировщиком – разработчиком мероприятий инженерной защиты территории ДТК от оползневой опасности – институтом «Арминжпроект» в 1990-1991гг. (Восканян и др., 2002).

В результате исследований был констатирован факт возведения сооружений ДТК на территории древнего, временно стабилизировавшегося оползня, осложненного тектоническими нарушениями. В процессе строительства комплекса ДТК на территории были прорыты многочисленные котлованы, траншеи, выемки, способствующие интенсивной инфильтрации дождевых, талых и технических вод в глубь оползневого тела.

Был разработан рабочий проект мероприятий и противооползневых сооружений с учетом напряженно-деформированного состояния элементов склона, особенностей рельефа и необходимости исключения переувлажнения оползневых масс, предусматривающих реализацию следующих операций:

а) ликвидация источников искусственного обводнения оползневого склона с помощью сооружения нагорных каналов, обеспечивающих перехват вод поверхностного стока на участке и подступах к нему;

б) проведение укрепления и гидроизоляции русел реки и ручьев, а также каптаж родников на территории участков, примыкающих к территории ДТК с ССЗ и ЮЮВ, являющихся источником питания грунтовых вод;

в) проведение засыпки, трамбовки и покрытие дерном всех существующих в оползневой зоне и на прилегающих к ней территориях траншей, коммуникационных сетей и трещин в теле активизировавшегося оползня;

г) запрещение проведения в оползневой зоне любой подрезки склонов, выемок, котлованов и взрывных работ;

д) приведение в порядок эксплуатационного режима водопроводной и канализационной сети и водобойных колодцев на территории ДТК;

е) ограничение поступления грунтовых вод на оползневой склон за счет реанимации существующей дренажной штольни на СВ у гаражей ДТК путем проходки наклонных фильтроскважин и сооружение новой штольни близ дороги Дилижан-Парзлич в ЮЗ направлении к комплексу, тем же типовым сечением и заглублением до 6м, длиной 60-80м;

ж) выполнение комплекса мероприятий, позволяющих локализовать сдвигающие силы в зоне активного оползания с учетом ландшафтных условий. Для эффективности работы удерживающего сооружения в виде дренажной призмы использовать упор в противоположный борт лога (рис.155). Предложенный проект конструкции дренажной призмы помимо основных функций (сдерживание оползневых масс склона), исключит переувлажнение потенциально оползневых накоплений.



Рис. 155. Борт сухого лога, используемый для укрепления и дренирования оползневого склона Дома творчества кинематографистов

§6. Оценка оползневой опасности локального участка у с. Одзун и разработка мероприятий ИЗТ по стабилизации оползневых явлений

Оползневой массив у с. Одзун был впервые идентифицирован экспедицией института «Армгипрозем» в 1986г. (Генеральная схема..., 1986).

Оползневой склон интенсивно эксплуатировался после передачи его под коллективное садоводство населения г. Алаверди. Интенсивный бесконтрольный полив территории склона, утечки из магистрального канала, проложенного по плато близ села Одзун, а также истечение вод из-под карниза над оползневым склоном привели к

переувлажнению грунтовых масс склона и активизации оползневых подвижек, достигших величины 0,8м в год. В 1991г. по распоряжению правительства (№ 614 от 26.12.1991г.) «Армгипрозем» разработал проектно-сметную документацию противооползневых мер на участке склона в пределах 34-41км автодороги Ванадзор-Алаверди. Однако из-за отсутствия финансирования мероприятия реализованы не были, что сказалось на устойчивости склона в целом. В начале декабря 1992г. была отмечена очередная прогнозируемая подвижка склона, в результате которой автодорога была перекрыта сместившимся грунтом, вызвав дополнительное перегружение. В течение 18-22 декабря произошел обвал, выведший из строя 40м автодороги и нарушивший эксплуатацию двух секций магистральной железной дороги.

Объем обрушившихся масс в пределах 100-140 тыс.м³ грунта вывел из строя стратегически важную железную дорогу по трассе Ереван-Тбилиси, лишив республику жизненно важного для того периода пути, обеспечивающего доставку грузов и перевозку пассажиров. В течение недели железнодорожное полотно было расчищено от грунтовых масс экскаваторами и бульдозерами со сбросом их в реку Дебед. К сожалению, быстрый сброс грунта в реку вызвал образование запруды, воды реки стали подмывать противоположный берег, выведя из строя гужевую дорогу, а также произошел подмыв сельского кладбища.

31 декабря 1992г. (решением правительства № 626) институт «Арминжпроект» был определен генеральной проектной организацией. Институт разработал ряд первоочередных противооползневых мероприятий по выполаживанию оползневого склона, возведению подпорных стен с анкерированием, ливнеотводу и капгажу многочисленных родников (16 единиц); параллельно полотну железной дороги предусматривалось возведение подпорной стены длиной 220м из бетонных блоков. Одновременно с организацией противооползневых мероприятий были начаты работы по переносу выше по склону (60-80м) новой автодороги и реализации дополнительных исследований условий оползнепроявления и мониторинговый контроль возможной активизации как на этапе реализации предлагаемых противооползневых мероприятий, так и после их осуществления.

Программа дополнительных исследований предполагала поэтапную (февраль-июль 2003г.) их реализацию в следующих направлениях:

- стратиграфическое, литологическое расчленение породного массива склона с охватом подстилающих аллювиальных отложений в аспекте оценки их устойчивости с помощью геофизических методов и периодической геодезической съемки М1:500 с целью контроля за возможными подвижками;

- уточнение площади водосбора и водного баланса территории склона, гидрогеологических условий;

- техническое состояние коммуникаций и строений, размещенных на территории склона и прилегающих участков;

- гидрологические условия и переработка берегов и русла реки Дебед;

- оценка и прогноз оползнепроявления на склоне и прилегающих участках в связи с переносом участка дороги выше по склону;

В результате дополнительных исследований был определен ряд условий, необходимых для разработки мероприятий инженерной защиты от оползневой активизации склона:

- обследованный участок в геоморфологическом отношении представляет собой эрозионно-денудационный склон восточной экспозиции крутизной 30-35⁰, который венчается базальтовым карнизом высотой 40-50м, круто спускающимся в ущелье р.Дебед;

- склон охвачен оползневыми процессами первого и высшего порядка, переходящими у автодороги Ванадзор-Алаверди в обвал;

• подземные воды на склоне имеют довольно широкое развитие, питание за счет атмосферных осадков, оросительных и других техногенных вод, бесконтрольно сбрасываемых на поверхность склона Олзунского плато; разгрузка осуществляется под базальтовым карнизом на склоне в виде пяти групп рудников с суммарным расходом 2,5л/сек., а в зоне развития обвала у подошвы – с расходом 8-9л/сек;

• оползень относится к типу поверхностных с расположением плоскости скольжения по увлажненной поверхности глинистых грунтов на глубинах 15-20м (блок №1) – оползень I-го порядка и 12-15м (блок №2) – оползень активный II-го порядка;

• изрезанность поверхности склона многочисленными зияющими трещинами, буграми выпирания и сопоставительное наложение материалов инженерно-геологической (кондиции М1:10000) и геодезической съемки (М1:500) свидетельствовало об активности оползнепроявления;

• язык оползня I-го порядка и активного оползня II-го порядка выходит на автодорогу Ванадзор-Алаверди, и в период дополнительных изысканий ниже шоссеиной дороги оползневые явления не проявляются;

• подстилающие четвертичные отложения, аллювиальные крупнообломочные грунты оползневым смещением не затронуты, что обеспечивает нормальный эксплуатационный режим железнодорожной линии, поэтому дискуссионный вопрос о переносе трассы на противоположный берег не актуален.

§7. Краткая оценка инженерно-геологической обстановки сопутствующей оползнепроявлению на территории склона у железнодорожной станции Агарцин Тавушской области РА по трассе Иджеван-Раздан

Резкое обострение сейсмотектонической обстановки в РА, обусловленное Спитакским (1988г.) и Ноемберянским (1997г.) землетрясениями, а также активизация сейсмогравитационной обстановки в Кавказском регионе отразилось на интенсификации природных экзогенных процессов и, в частности, оползней.

Негативным примером может служить локальный блочный оползень скольжения на Агарцинском участке железнодорожной трассы Иджеван-Раздан. Оползень произошел в 1993г., разрушив полотно железной дороги, пронесся вниз по склону и вывел из строя новую автодорогу, проложенную в обход села Агарцин, рокадно расположенной вдоль реки Агстев (Азарян, 1999). В теле оползня выделялись три самостоятельные блочные оползневые образования (рис.156).

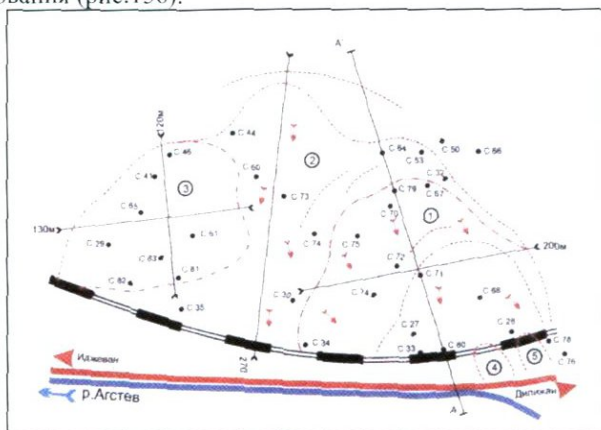


Рис.156. Ситуационный план оползневого участка «Агарцин» по железнодорожной трассе Иджеван-Раздан

Наиболее опасным в то время был СЗ блок (Дилижанское направление), в теле которого прослеживался ряд локальных оползневых заколов, довольно обширной трещиноватости с максимальным раскрытием до 0,5м. По данным изысканий и исследований, осуществленных институтом «Арминжпроект» совместно с ИГН НАН РА (рис. 157 и 158) была проведена оценка оползневой опасности в естественном (на рассматриваемый период) и прогнозном состоянии (на случай задержки реализации рекомендаций по ИЗТ), данные которых сведены в таблицу 51.

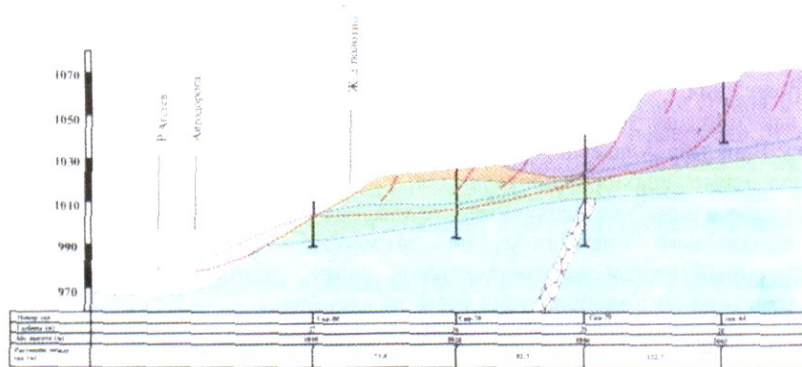


Рис. 157. Схематический разрез оползневой участка «Агарци» по профилю «А-А»



Рис.158. Фрагмент оползня на склоне на период изысканий

Таблица 51.

Значения параметров реального и прогнозного оползнепроявления

270	Прогнозное состояние	190	Состояние на период исследований	Длина (м)
300		200		Ширина (м)
2000		37000		Площадь (м ²)
218400		1026000		Объем смещения (м ³)
50		10		Амплитуда смещения (м)
4		2		Зеркало смещения (единиц)
30		25		Глубина захвата (м)
Скольжение-обрушение (обвал)		Скольжение-трение		Механизм смещения
0,692		0,905-1,08		K _y

Проектирование мероприятий и сооружений инженерной защиты по стабилизации оползневых явлений на склоне осуществлялось в два этапа: разработка первоочередных мер (планировка склона, проведение перехвата вод поверхностного стока с помощью нагорных водоотводящих канав, террасирование склона и «залечивание» трещин тампонажем, разгрузка центрального блока и пригрузка СВ и СЗ оползневых блоков и др.) и фундаментальных мер (дренаж подземных вод, устройство буро-бетонных свай с заглублением их в коренную основу, каптаж 9 родников в основании ж/д полотна, возведение дренажных призм в двух довольно глубоких логах с рекультивацией и одерновкой, возведение серии подпорных стен на ряде оползнеопасных уступов и у основания полотна автодороги с сопутствующим дренажом, создание грунто-полимерных экранов из сеточного крепления на наиболее оползнеопасных участках, укрепление русла реки и береговых примыканий на протяжении 500м).

Специалисты Страсбургского Университета, направленные Международным банком Развития в Армению для консультации по разработке мероприятий по борьбе с оползнями, высоко оценили разработанный проект по стабилизации склона в пределах календарного графика их строительного освоения (14 месяцев), отметив, что нарушение сроков реализации противооползневых мероприятий приведет к дальнейшей активизации оползневых смещений (Восканян и др., 1993).

Строительные работы по реализации мероприятий по стабилизации оползневых процессов на склоне были начаты в 1994г. и продолжались со значительными перерывами до 1995г., после чего были приостановлены по причине отсутствия финансирования. Задержка своевременной реализации всех намеченных мероприятий ИЗТ привели к критической чрезвычайной ситуации: оползневые блоки объединились в один и с соответствующей интенсивностью сместились на полотно автодороги, парализовав движение (несмотря на периодическую расчистку), что и вынудило перенести движение на левый берег реки через село Агарцин. Оползневые массы грунта разрушили береговое укрепление и 16 домов, возведенных в пойме реки, а также создали угрозу запруживания русла реки (рис. 159).



Рис.159. Фрагмент разрушения оползем берегового укрепления реки Агстев

На сегодняшний день затраты на ликвидацию последствий разрушительного воздействия оползня на инфраструктуру с.Агарцин продолжают, что подтверждает необходимость своевременной реализации мероприятий ИЗТ, основывающихся на комплексных изысканиях и исследованиях факторов и причин оползнепроявления на каждом конкретном участке.

§8. Конструктивные особенности мероприятий ИЗТ (на примере рассмотренных территорий)

Как уже отмечалось выше, обоснованием проекта противооползневых сооружений и реализации соответствующих мероприятий должны служить:

- гипотеза о механизме и причинах возможного возникновения и активизации оползней, разработанная и подтвержденная инженерно-геологическими изысканиями и исследованиями;
- районирование территории по степени оползневой опасности и риска проявления ОГП;
- оценка устойчивости оползневого склона в естественном и прогнозном экстремальном состоянии с учетом искусственной пригрузки, подтверждающей достаточность и эффективность проектируемых противооползневых мероприятий и сооружений.

В результате районирования территории по степени оползневой опасности и риска выделяются опасные зоны, в границах которых устанавливается особый режим строительства и эксплуатации зданий и сооружений и хозяйственного освоения территорий, подверженных воздействию опасных инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрологических и гидрохимических процессов, создающих опасность при строительстве и эксплуатации социально-хозяйственных объектов (Инструкции по проектированию..., 1976).

Опасные в оползневом отношении зоны обычно включают в себя оползневые, потенциально оползневые и обвалоопасные склоны с оползневыми и прибрежными террасами, прирвовочную часть плато, способную участвовать в оползневом процессе или негативно влияющую на него. Следует отметить, что строительство зданий и сооружений в этих зонах допускается лишь после полного завершения всех предусмотренных проектом противооползневых и противообвальных мероприятий. Особо следует отметить соблюдение требований к подсечению склонов и организации водоотводящих и дренажных мероприятий, соблюдение которых должно способствовать общей и местной устойчивости склонов. Очередность и сроки строительства, в том числе и ИЗТ, в оползнеопасных зонах должны выдерживаться в соответствии с климатическими условиями территорий.

8.1. Типовые конструкции противооползнеобвальных защитных мероприятий.

Из подпорных, удерживающих сооружений рекомендовано возведение стен, высотой 1,5 и 2,0м, (рис.160), а перехват вод поверхностного стока предлагается осуществить с помощью нагорных канав (рис. 161) и железобетонных лотков (рис.162).

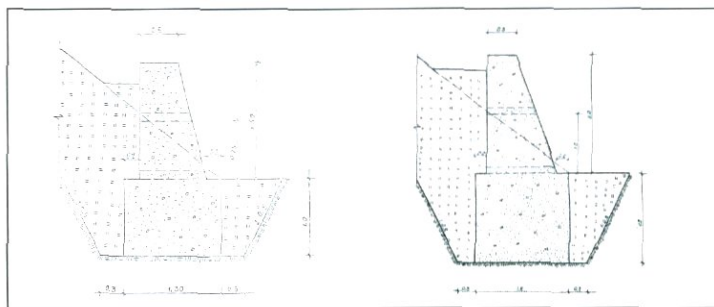
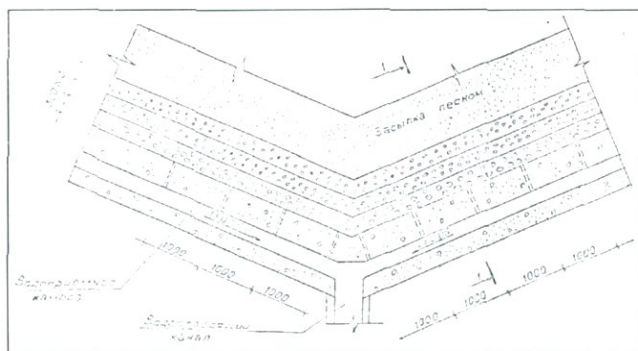
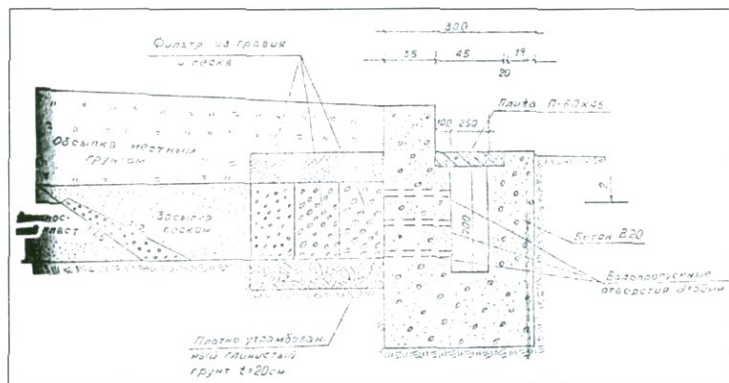


Рис.160. Типовое сечение подпорных стен



а)



б)

Рис.164. Конструкция каменной радиальной вод: а) в плане, б) в разрезе

С целью крепления и снижения фильтрационного подпора вод берегоукрепительных стен и барражей из монолитного бетона и камня (монолитов) рекомендовано применение специальных берегоукрепительных сооружений (рис. 165 и 166).

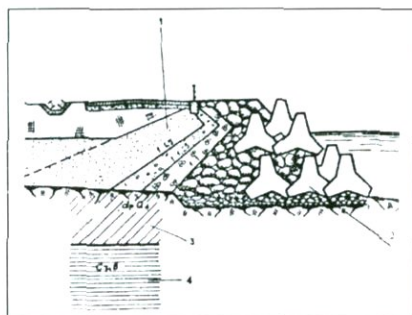


Рис.165 Конструкция берегоукрепительных стен из монолитного бетона БМ-200 и конструкции рибермы из камня

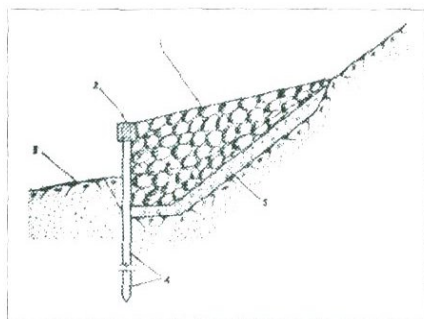


Рис.166. Конструкция берегоукрепительных стен из БМ-200 и фиксаторов с каменной наброской

Лесомелиорация осуществляется в специально подготовленных вручную траншеях на эродированных склонах крутизной $35-40^{\circ}$. Общая длина траншей на 1га территории составляет 2500-4000 п.м. Рекомендуется ручное рыхление и прополка 15 раз в год и прокашивание 5 раз в год (в течение 7 лет). Размеры траншей: ширина по верху 0,5м, по низу – 0,35м; глубина – 0,45м; расстояние между траншеями – 2,0м.

8.2. Перечень и конструктивные особенности мероприятий и сооружений, использованных для локальной противооползневой защиты территорий

Как уже отмечалось выше, основной причиной нарушения устойчивости склона у ст.Одзун ж/д трассы Ереван-Тбилиси и автодороги Инжеван-Ванадзор послужило переувлажнение грунтов склона за счет техногенного поверхностного стока, утечек из магистрального канала, подъема уровня грунтовых вод и неуправляемый (нерегулируемый) полив приусадебных участков.

Исходя из этого, в качестве первоочередных мероприятий, с учетом климатических, гидрогеологических условий, а также вибрационного воздействия подвижного транспорта, были рекомендованы и осуществлены планировочные и водоосушительные мероприятия на территории склона: организация поверхностного стока, начиная с отметок водораздела под отвесным козырьком (водосточный коллектор для перехвата вод вдоль верхней бровки оползня, рис. 167); телескопический лоток – перехватчик стока на оползневом склоне ниже новой, перенесенной трассы автодороги, обеспечивающий перехват поверхностного стока на оползневом склоне у полотна железной дороги (рис.168); дренажный противооползневой контрбанкет в подошве оползневого склона перед полотном (расстояние 8-10м), предназначенного как для дренирования вод, так и для удерживающих целей (рис.169). Предусматривалось также береговое укрепление р.Агстев по длине 250-400м из железобетонного шунгта (рис. 167) с учетом воздействия половодья 5% и 1% обеспеченности.

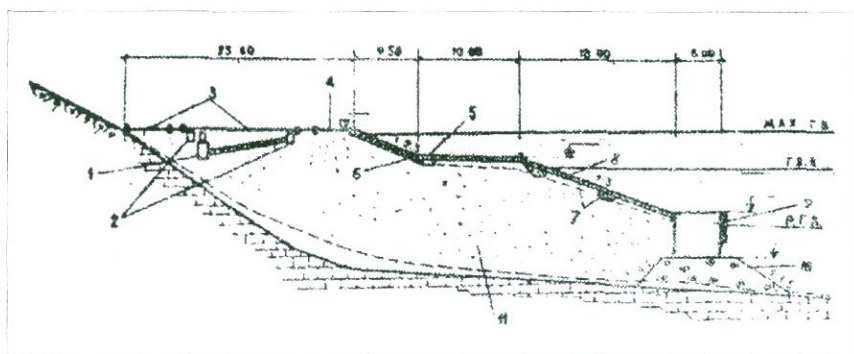


Рис. 169. Противооползневой контрбанкет в подшиве оползневого склона

1 – коллектор; 2 – лоток; 3 – проезжая часть; 4 – прогудочная полоса; 5 – сборные железобетонные плиты; 6 – сплошной фильтр; 7 – ленточный фильтр; 8 – монолитные плиты из армированного бетона; 9 – упорный пояс; 10 – каменная постель; 11 – каменная наброска с заполнителем из местного грунта

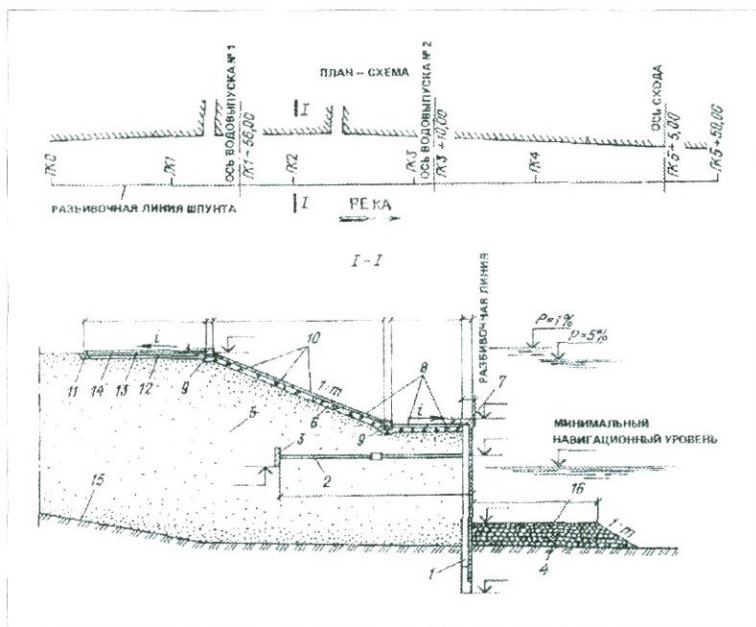


Рис. 170. Береговое укрепление из железобетонного шпунта

1 – железобетонный шпунт таврового сечения; 2 – анкерная тяга; 3 – анкерная плита; 4 – каменная наброска; 5 – насыпь из песка; 6 – однослойный обратный фильтр из разнозернистого щебня; 7 – шапочный брус из монолитного железобетона; 8 – монолитные железобетонные плиты; 9 – упорный брус из монолитного бетона; 10 – сборные железобетонные плиты; 11 – бортовой камень из сборного бетона; 12 – щебеночная подготовка; 13 – цементобетонное основание; 14 – асфальтобетон; 15 – существующая поверхность земли; 16 – проектное дно

Относительно идентичная ситуация, вызвавшая активизацию Агарцинского оползневого склона, определила и типовой перечень мероприятий и сооружений ИЗТ на рассматриваемом участке. Разница заключалась лишь в географическом и ситуационном

размещении транспортных коммуникаций (железнодорожное полотно в отличие от Одзунского склона размещалось выше автодороги, проложенной рокадно близ р.Агстев).

Помимо перехвата вод поверхностного стока с помощью нагорных канав и лотков (рис.161 и 162), был предусмотрен целый ряд дренажных мероприятий (рис. 171) свайного противооползневоего крепления (рис.172 и 173) и стабилизации оползля и укрепления берега реки в зоне оползневого воздействия (рис.174), которые, к сожалению, не были реализованы в полном объеме, что привело к катастрофическому развитию процесса.

Учитывая, что основным фактором оползневой активизации склона на территории ДТК в г.Дилижане являлось смещение четвертичных отложений (суглинисто-супесчаных и глинистых грунтов Дилижанской свиты), основные мероприятия ИЗТ были направлены на поверхностный перехват дождевых и техногенных вод (рис. 175) и дренажных сооружений, снижающих уровень грунтовых вод и степень гидродинамического воздействия на склоновые оползневые отложения: дренажная галерея восточной зоны ДТК близ дороги Дилижан-Парзлич (рис.176); дренажные прорезы на участке оползневого склона, устраиваемые на территории ниже основного корпуса ДТК с определенными принципами трассировки (рис. 177) дренажных «пластырей» на территории выше деформированных коттеджных строений (№№ 8, 10, 12 и 2) (рис. 178) или же конструкции шпастовых дренажей в зависимости от производственной эффективности (рис.179); удерживающих противооползневых опор в зонах поврежденных коттеджей; укрепление оползля банкетом из местных материалов с дренажными и удерживающими функциями с опорой в борт лога и сбросом вод в него для транспортировки в р.Агстев (рис.180).

Кроме намеченного перечня мероприятий, было предложено для эффективного использования уже построенной штольни провести дренажный сброс поверхностных и грунтовых вод в нее посредством бурения наклонных скважин (длиной 8-12м).

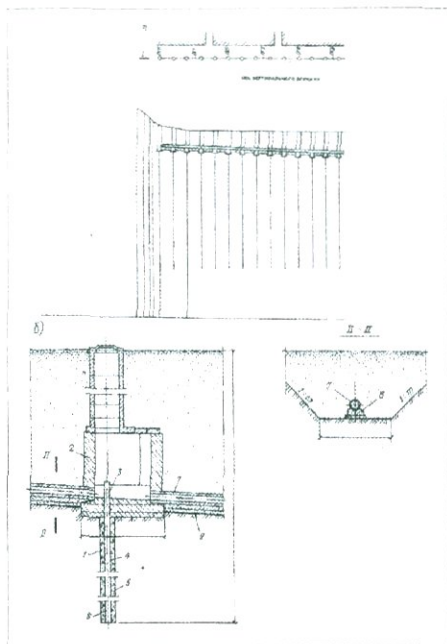


Рис 171. Вертикальный дренаж: а – план-схема, б – дренажный колодец;

1 – вертикальная дренажная скважина самоизливающаяся; 2 – дренажный колодец;

3 – надфильтровая труба; 4 – каркасный фильтр; 5 – фильтровая обсыпка; 6 – отстойник;

7 – труба железобетонная; 8 – железобетонное основание на бетонной подготовке; 9 – городская застройка

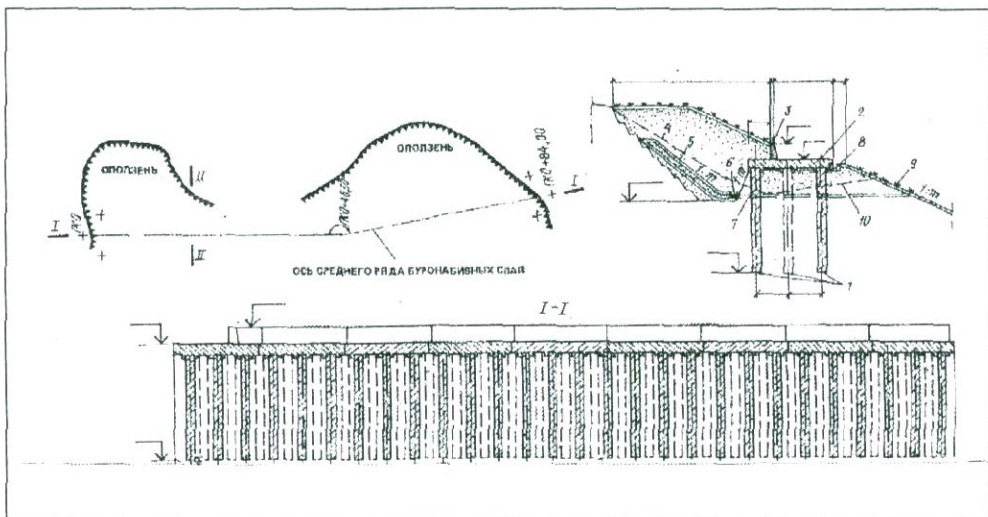


Рис. 172. Поддерживающее сооружение из буронабивных свай с ростверком:
 1 – буронабивные сваи $d=820\text{мм}$; 2 – монолитный железобетонный ростверк на бетонном основании; 3 – подпорная стенка из монолитного железобетона; 4 – замена оползневого грунта и мусора песком; 5 – прилонный дренаж; 6 – побивка глины; 7 – асбестоцементная труба; 8 – водосборный лоток из сборного железобетона; 9 – посев трав по слою растительной земли; 10 – существующая поверхность земли

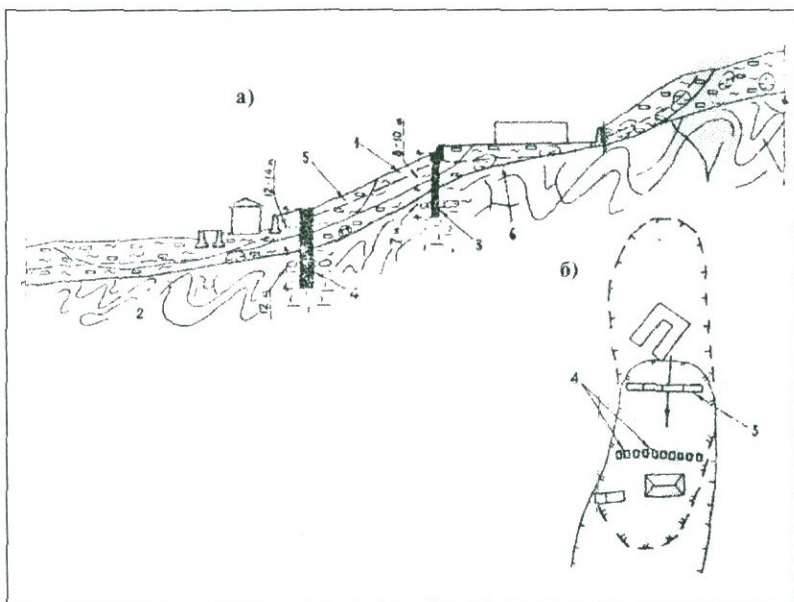


Рис. 173. Стабилизация части оползня буронабивными сваями и столбами глубокого заложения:
 а – разрез, б – план
 1 – суглинки серые с включением до 40% щебня, камней и глыб песчаника, аргиллита, тугопластичные; 2 – супесчано-суглинистые образования с крупнообломочными включениями и останцами коренных пород, не затронутые оползневым смещением; 3 – буронабивные сваи; $d=1,0\text{м}$ в один ряд; 4 – железобетонные столбы размерами в плане $2\text{х}4\text{м}$; 5 – горизонт грунтовых вод; 6 – поверхность скольжения оползня

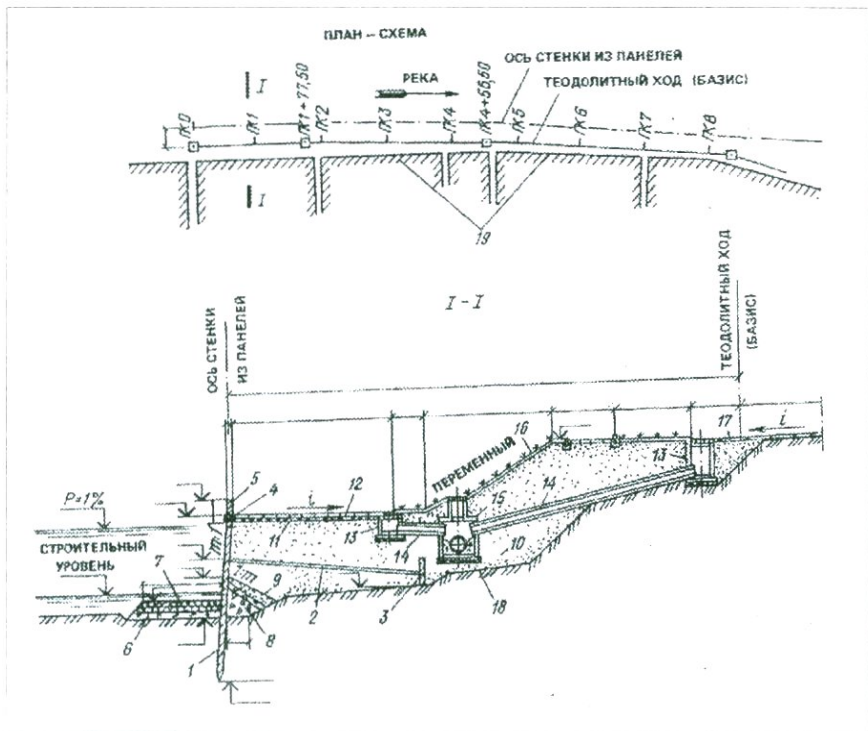


Рис. 174. Набережная с вертикальной стенкой из железобетонных панелей.

1 – железобетонная панель сечением 30x150 см. длиной 10 м; 2 – анкерная тяга; 3 – анкерная плита; 4 – шапачный брус из монолитного железобетона; 5 – блок парапета из гранита; 6 – подготовка из разнозернистого щебня; 7 – наброска из камня; 8 – обратный фильтр из щебня; 9 – крупнозернистый песок; 10 – насыпь из песка; 11 – щебенистая подготовка; 12 – плиты покрытия из монолитного железобетона; 13 – дождеприемный колодец; 14 – железобетонная труба; 15 – смотровой колодец; 16 – крепление откосов посевом трав по слою растительной земли; 17 – асфальт по слою щебня; 18 – существующая поверхность земли

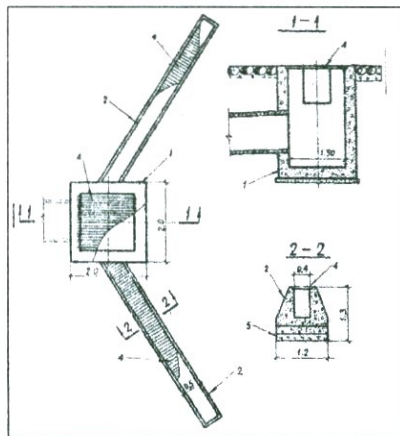


Рис. 175. Лоток – перехватчик стока: 1 – центральный колодец; 2 – лоток-перехватчик; 3 – закрытый водосток; 4 – решетка; 5 – щебенистая подготовка

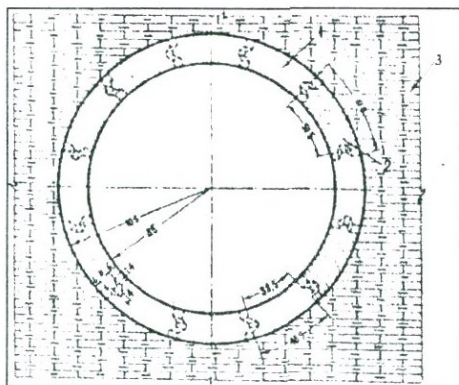


Рис. 176. Дренажная галерея с обделкой из бетонных блоков со вставками из пористого бетона (разрез):
 1 – бетонные блоки из обыкновенного бетона; 2 – бетонные блоки из пористого бетона;
 3 – скальный грунт

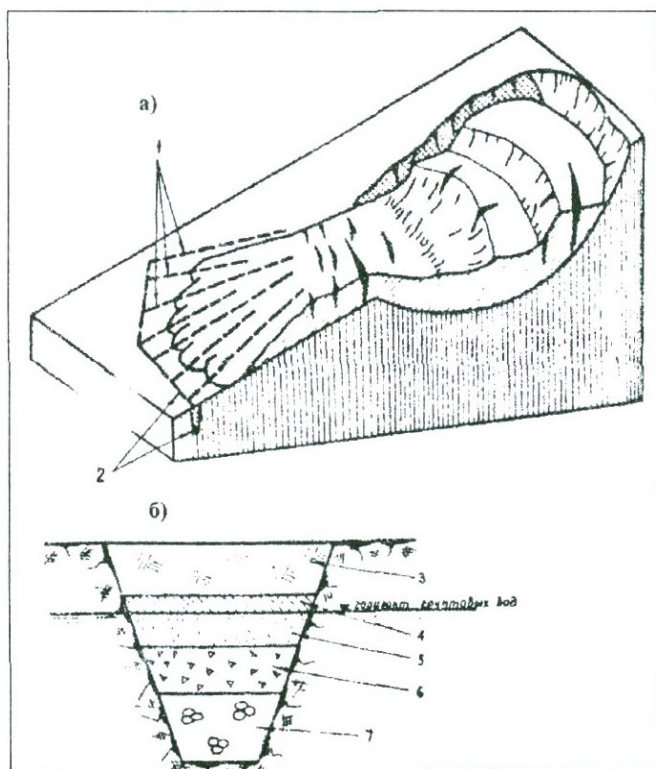


Рис. 177. Дренажная прорезь: а – принцип трассировки, б – сечение прорези:
 1 – трассы дренажных прорезей; 2 – дренажный коллектор; 3 – местный грунт; 4 – дернина корнем вверх; 5 – крупнозернистый песок; 6 – щебень; 7 – каменная наброска

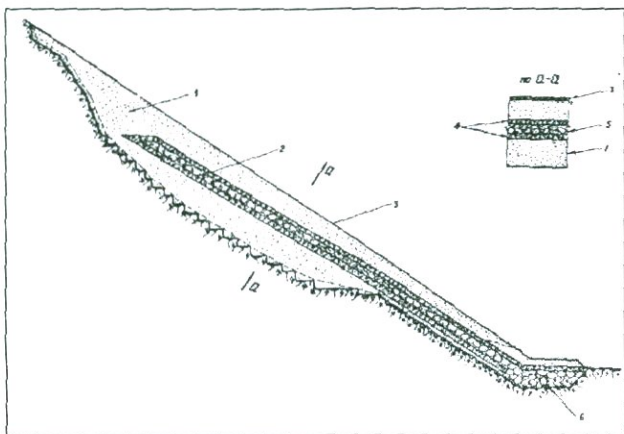


Рис. 178. Конструкция «пластыря» на откосе, поврежденном оползнем поверхностных грунтов: 1 – крупнозернистый песок трассы; 2 – дренажный фильтр; 3 – одерновка; 4 – каменная крошка; 5 – щебень; 6 – дерн

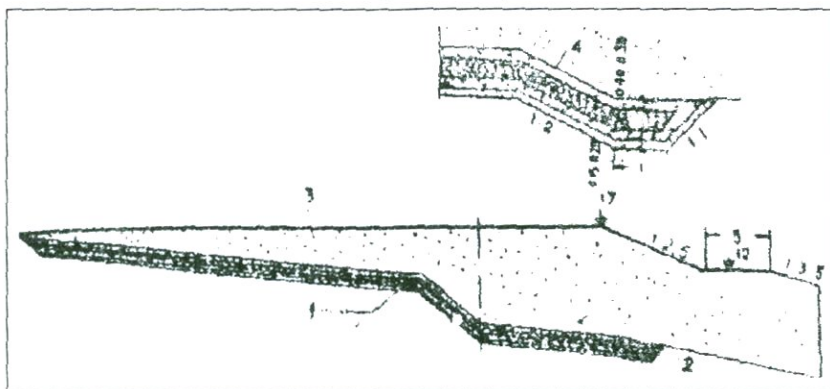


Рис. 179. Пластовый дренаж: 1 – обратный фильтр; 2 – водоотводная траншея; 3 – насыпь из фильтрующего материала (крупного песка); 4 – конструкция обратного фильтра: каменная крошка крупностью 4-8мм, гравий крупностью 30-50мм, такая же каменная крошка, крупнозернистый песок

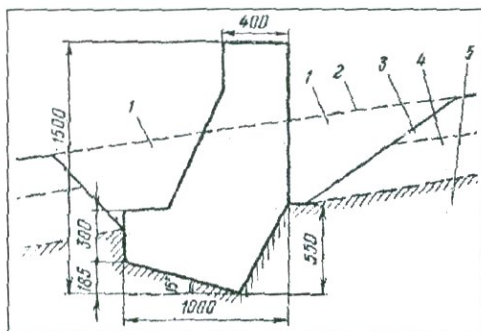


Рис. 180. Поперечное сечение противооползневой опоры: 1 – обратная засыпка грунтом с плотной утрамбовкой; 2 – поверхность грунта; 3 – делювий; 4 – элювий; 5 – коренные глинистые отложения, не затронутые подвижками

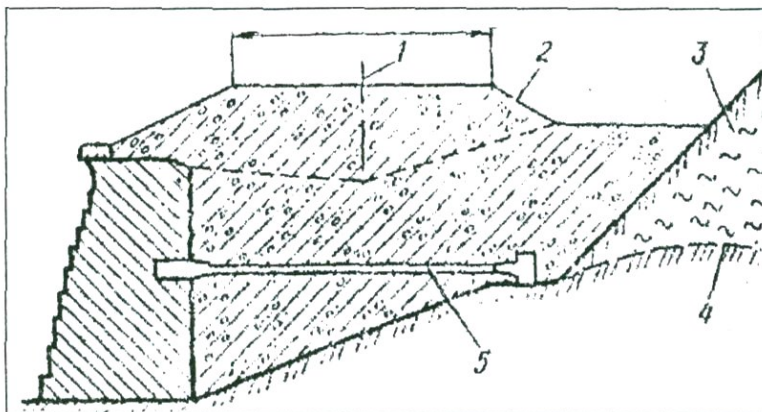


Рис. 181. Укрепление оползневого откоса банкетом из местных материалов с анкерным тяжем и упором в борт лотка на склоне ДТК: 1 – ось конструкции; 2 – песчано-гравийные грунты; 3 – четвертичные отложения Дилижанской свиты; 4 – смещающиеся толщи оползневых накоплений; 5 – анкерный тяж с ростверком

§9. Другие способы стабилизации оползневой активизации на склонах с использованием комплекса удерживающих дренажных сооружений и повышения водопоглощающих и водоудерживающих свойств грунтов склона

Согласно Б.Ядоюну с соавторами (Ядоян и др., 2005), около 12% всей территории Армении располагается в оползнеопасной зоне, насчитывающей свыше 2500 оползневых тел различной степени активности. Территория РА характеризуется весьма сложными гидрогеологическими условиями, обуславливаемыми большим разнообразием водовмещающих комплексов и особенностями их структурного залегания.

Различные условия питания, движения и разгрузки подземных вод, неоднородность коллекторных свойств горных пород определяют специфику формирования подземного стока. Локальные зоны подземных (напорные и безнапорные порово-трещинного и пластово-порового типа) водонапорных систем, концентрируясь в верхах гидрогеологического пространства в условиях свободного водообмена, часто являются причиной гидродинамического воздействия на устойчивость природных склонов. В общем балансе с водами поверхностного стока они приводят к перенасыщению грунтов склона, снижая их прочность и деформативность, создавая предпосылки для активизации эрозионной деятельности, потери устойчивости и оползневому смещению грунтов. Во многих странах ближнего и дальнего зарубежья уделяется большое внимание разработке мероприятий по защите природных ландшафтов за счет нормированного землепользования и упорядочения техногенного освоения территорий. На первый план выдвигается управление процессами, нарушающими устойчивость массивов горных пород, склоновых отложений и почвенных покровов, нормированному водопользованию и др.

9.1. Состав, технология и реализация полимерно-минерального композита (ПМК) с целью обеспечения устойчивости и противодиффузионной надежности оползневых склонов

В конце 80-х годов прошлого столетия в Армении Институтом геологических наук НАН РА в содружестве с рядом союзных и республиканских организаций были проведены

исследования по подбору различных модификаций ПМК (ПАА – гель технический 8%, ТУ 6-01-1049-81 Калужского ПО «Хлорвинил», ПАА Р-75, ПДО, К-4; К-9, ПВС и др.) с целью создания нового водонерастворимого ПМК «Уйсит».

Созданный материал ПМК «Уйсит» при увлажнении проявляет устойчивое свойство набухания (увеличение в объеме в среднем до 40%), создавая устойчивую водоудерживающую структуру в сочетании с дисперсной структурной средой, обеспечивая практически полное исключение фильтрации (при 1-% привнесении ПМК). Одним из компонентов композита служит монтмориллонитовая глина, которой достаточно в Армении для промышленного производства ПМК в сочетании с полимерами различных модификаций, разработанных М.Л.Ерицяном на базе предприятия «Интерагрохимреактив».

Стоимость заводского производства ПМК «Уйсит» определяет цена порошкового полиакриламида, тонна которого на рынке колеблется в пределах \$2000-2500. Одна тонна 2% геля полиакриламида, синтезированного в Армении, обходится в \$28-30. Использование этого геля для изготовления ПМК «Уйсит» с 50% содержанием полиакриламида колеблется между \$125-130 за тонну, 10% – соответственно \$220.

9.2. Использование ПМК в качестве противофильтрационной устойчивости естественных и искусственных откосов

В Армении эти мероприятия обычно применяются в комплексном сочетании с возведением удерживающих стен, ряда дренажных мероприятий, организацией металлосетчатых экранов, заполненных грунто-полимерным составом с последующей одерновкой, созданием ряда бурунабивных свай на отдельных оползневых участках, пересекающих водопроницающий пласт из смеси грунтов и глины (10% состава), создание противофильтрационных завес с перекрытием путей фильтрации кольматирующими растворами (нагнетательные и вакуумные скважины) и др.

На рис. 182 приведена схема использования полимерсодержащих композиционных составов в качестве противофильтрационных устройств искусственных откосов (однородной грунтовой дамбы и экранирования верхового откоса).

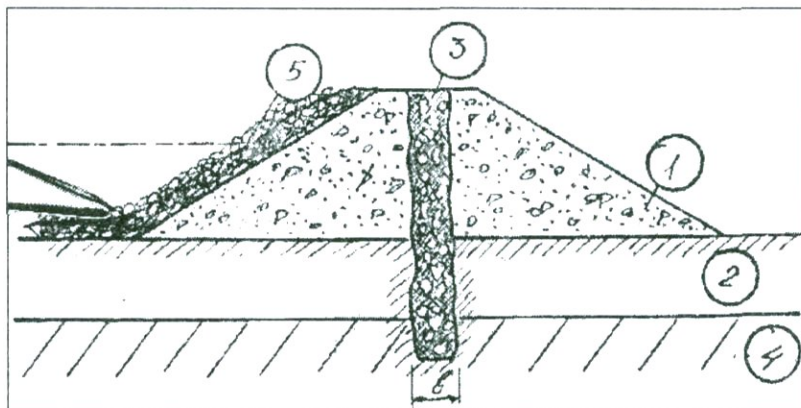


Рис. 182. Схема противофильтрационных устройств (завеса, экран) при сооружении песчаной дамбы из однородных грунтов: 1 – тело дамбы; 2 – водоносный пласт; 3 – противофильтрационная завеса (стенка в грунте) – водонепроницаемое ядро в ~ 0,5-1,0м; 4 – водоупорный слой; 5 – водонепроницаемый экран с защитным слоем в ~ 0,2-0,5м

На рис.183 приведена схема противофильтрационной завесы, предусмотренной для снижения гидродинамического воздействия подземных вод.

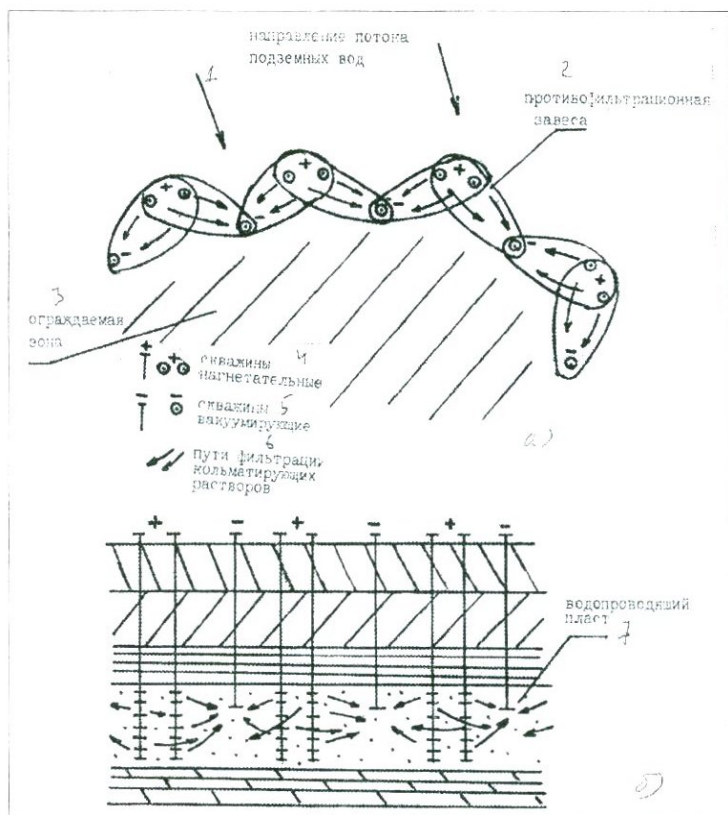


Рис. 183. Схема противофильтрационной завесы: а - план; б - разрез; 1 - направление потока подземных вод; 2 - противофильтрационная завеса; 3 - ограждаемая зона; 4 - нагнетательные скважины; 5 - скважины вакуумирующие; 6 - пути фильтрации колюматизирующих растворов; 7 - водопрводящий пласт

Для предотвращения увлажняющего воздействия на грунты оползнеопасных склонов и создания упорной удерживающей призмы из послойной сетчатой конструкции с ростверком и упорными ригелями в Армении был использован широко культивирующийся в Европе и США эффективный метод противооползневой защиты ландшафта при техногенном освоении территории горных склонов, в частности, при дорожном строительстве (Вахба Саид Абель Хей, 1981; Кук А., 1984).

На рис. 184 представлен типовой разрез противооползневой удерживающей конструкции из металлической сетки, уложенных послойно с грунтовой засыпкой обработанной полимерным составом с упором в подпорную стенку при помощи железобетонных ригелей.

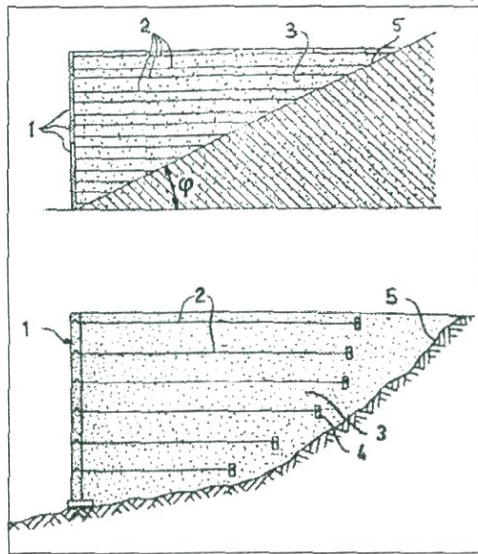


Рис. 184. Типовой разрез удерживающей и дренажной конструкции на склоне: 1 – подпорная стена с железобетонными ригелями; 2 – послойная сетчатая грунто-полимерная конструкция; 3 – слой засыпки; 4 – железобетонные ригели; 5 – естественный склон

На рис. 185 отражена технология возведения упорного сооружения из сетчатого крепления с послойной засыпкой и последующим грабованием грунто-полимерного состава, разработанного во Франции (Григорян и др., 1987).

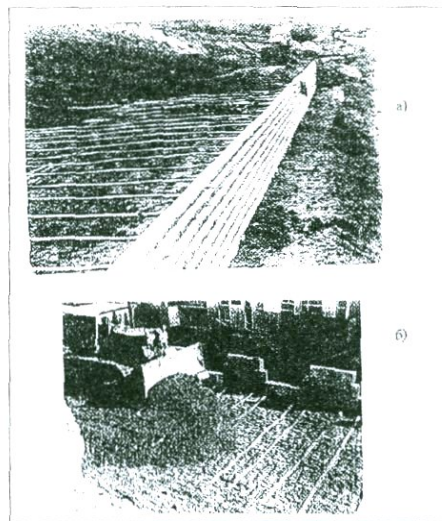


Рис. 185. Технология возведения упорной призмы с послойной укладкой металсетчатого покрытия с засыпкой грунтов с полимерными добавлениями определенного гранулометрического состава: а – общий вид подготовки одного из ярусов; б – технология засыпки бульдозером грунта межячейчатого пространства

На рис. 186 приведен общий вид двухъярусного укрепления оползневых уступов общей высотой 25,0м, осуществленный над автодорогой

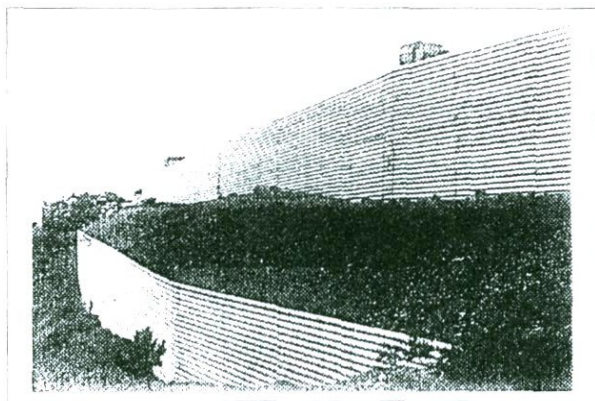


Рис. 186. Общий вид двухъярусного строения противооползневой защиты склона (Франция)

9.3. Стабилизация оползнепроявления с использованием противofильтрационных и удерживающих мероприятий, основанных на применении лучевого дренажа, «геотекстиля» и гидрополимерных смесей на оползневом склоне центральной зоны г. Дилижана

Правобережный склон по улице Мясникова в г. Дилижане с довольно полого развитой инфраструктурой подвержен активному развитию оползней. Слой, имеющий северо-западную ориентацию, имеет ярко выраженную оползневую структуру, на которой выделяются 3 оползневых, временно стабилизированных уступа по высоте склона. Первый из них проходит по улице Мясникова, второй – на высоте 16-18м – по площадке «Ротонда», третий – на высоте 8-10м от второго.

Первые признаки активизации были отмечены в конце 70 – начале 80 гг. прошлого столетия. Исследования выявили предельные значения коэффициентов устойчивости отдельных уступов и склона в целом, которые колебались в пределах 0,92-1,01. Причиной оползневой активизации грунтов послужило значительное переувлажнение грунтов склона подземными и техногенными водами.

На предварительном этапе ИЗТ был рекомендован и реализован комплекс дренажных мероприятий в виде лучевого дренажа (5 горизонтальных скважин из одной точки) в 4 зонах по высоте склона. В 1985-1986гг. были проведены повторные детальные исследования, которые выявили новые оползневые подвижки, что подтвердило факт продолжающейся активности оползнепроявления (Ядоян и др., 1986).

Были разработаны и частично реализованы мероприятия противооползневой защиты территории склона на четырех уровнях (уступах) с помощью возведения удерживающих и противofильтрационных конструкций на основе применения геотекстиля и грунто-полимерных покрытий.

При дефиците поливинильного геотекстиля на некоторых, особо опасных участках, рекомендовалось использовать металлические сетки с антикоррозийным покрытием. Устойчивость откоса первой, самой нижней, непосредственно над дорогой, обеспечивалось возведением призмы из трех слоев и двух слоев ниже проезжей части дороги по улице Мясникова шириной упорной конструкции – 3м, длиной – 50м и высотой – 1,5м.

По длине упорной конструкции возводится подпорная стенка с заглубленным железобетонным фундаментом (1,2-1,5м). Тыловая сторона подпорной стены снабжалась водоотводной дренажной системой, устойчивость остальных уступов по высоте склона обеспечивалась аналогичной конструкцией по 5м высотой из 10 слоев при ширине 10м. Для заполнения (засыпки) отверстий сетчатого покрытия используется местный грунт, гранулометрический состав которого подбирается согласно величине сегментов сетчатого покрытия. Перед засыпкой 20% всей массы грунта обогащается 10% составом полимерного порошка «Уйсит».

Предложенные и частично реализованные мероприятия с использованием для обеспечения устойчивости склона и обеспечения фильтрационного водопоглощения слагающих его грунтов должны обеспечить стабилизацию оползневых процессов и достижение расчетных коэффициентов устойчивости 1,2 и более.

Глава одиннадцатая

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УЩЕРБОВ ОТ ОПОЛЗНЕЙ НА ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЕ

Необходимость выделения задач по определению ущерба от проявления оползневых процессов обусловлена практической необходимостью, заключающейся, в первую очередь, в серьезных социальных и материальных потерях, наносимых оползнями, и во вторую – в различии факторов, присущих рассматриваемым процессам, по сравнению с факторами других природных явлений.

Определение ущерба, связанных с оползнями, сводится к расчету возможных потерь населения, ущерба, наносимых всевозможным сооружениям, линиям и объектам жизнеобеспечения, сельскохозяйственным угодьям и т.д. (рис.187).

За основу составляющих ущерба от природных и техногенно-природных чрезвычайных ситуаций (ЧС) нами принят подход, изложенный в рекомендациях Комиссии ООН (Научно-методическое и информационное обеспечение целевой программы защиты территории РА от экзогенных процессов,1998).

Отметим, что методики расчета ущерба, наносимого экосистемам, природным активам и вторичным потерям (последствиям), в настоящей работе не рассматриваются.

§ 1. Общие положения

На концептуальной блок-схеме (рис.1, Гюржян,1992) определения ущерба от оползней продемонстрирован общий подход к решению возможных задач, возникающих при оползневых проявлениях (блок 1), наносящих ущерб экономике и, в частности, всевозможным строениям (блок 4), магистралям (блок 5), сельскохозяйственным угодьям (блок 6) и экологии (блок 7). Отдельным блоком предусмотрено определение возможных потерь населения (блок 3).

Детальные расчеты по зданиям, сооружениям, жилым домам и пр. (блок 9), по дорогам, трубопроводам, мостам и т.д. (блок 10), по полям, насаждениям и пр. (блок 11), по экосистемам, природным активам и т.д. (блок 12), потерям населения, при необходимости по возрастным группам (блок 8) проводятся по соответствующим алгоритмам, представленным отдельными методиками. Блок-схемой предусмотрено проведение расчетов по определению возможных дополнительных ущербов, возникающих вследствие возможных вторичных поражающих факторов - оползень может стать источником прорыва плотин (наводнения, затопления), повреждения газо- и энергомагистралей (пожары, взрывы) и т.д., (блок 13), а также вторичных потерь (последствия), проявляющихся в течение нескольких лет после активизации оползней и сказывающихся на снижении макроэкономических показателей республики.

Состояние на заданный момент времени характеризуется информацией банка данных (блок 2), компонентами которой являются: численность населения (по возрастным группам), стоимость основных фондов и возможного их восстановления, номенклатура и стоимость запасов различного назначения, нормативные данные и другая информация, необходимая для проведения расчетов.

Суммарный ущерб (блок 13) складывается из расчетных результатов предшествующих блоков.

Каждому из основных блоков схемы отводится отдельный параграф, где приводятся методики с блок-схемами, алгоритмами расчетов соответствующих задач, исходной информацией и примеры их решения.

Для проведения расчетов приняты следующие допущения:

1. Степень повреждения зданий принята по следующей классификации (MSK-64) :

I степень. Легкие повреждения: незначительные.

II степень. Небольшие повреждения: засыпка (завал) частей некоторых конструкций, небольшие трещины в стенах, повреждение внутренних коммуникаций.

III степень. Средние повреждения: сдвиг и падение отдельных конструктивных элементов, засыпка оползневой массой некоторых конструктивных элементов, глубокие и сквозные разломы в стенах.

IV степень. Тяжелые повреждения: заполнение оползневой массой проломов в стенах и открытых площадей, засыпка (завал) отдельных (множества) частей здания, обрушение отдельных стен и крыши.

V степень. Полное разрушение: полное покрытие оползневой массой (завал) и разрушение зданий.

2. За основу взята классификация зданий, несколько нами модифицированная, по следующим типам:

A – упрощенные сельские постройки, подсобные строения, здания из рваного камня (базальт, туф).

B – обычные туфовые дома, здания крупноблочного типа.

B – панельные и каркасные железобетонные здания.

3. Ущерб при 4-ой степени (тяжелые) и 5-ой степени (полное разрушение) повреждения зданий составит стоимость их восстановления (государственные объекты при таких разрушениях, как правило, восстанавливать экономически нецелесообразно), при 3-ей степени (средние) повреждения – стоимость капитального восстановления, при остальных степенях – текущего.

4. Стоимость всех материальных ценностей объекта (техника, продукция, мебель и т.п.) будет утрачена полностью при 4-ой и 5-ой степенях повреждений зданий, при 3-ей степени – 0,5 их стоимости, при 2-ой - 0,25, при 1-ой – 0,05.

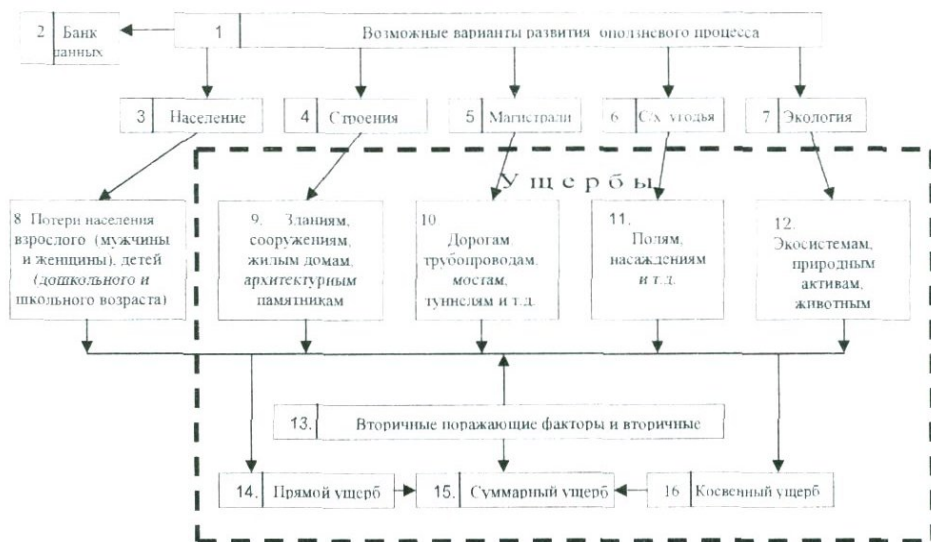


Рис.187. Концептуальная блок-схема определения ущерба от оползней

5. В общем случае ущерб от оползней при различных степенях повреждений зданий и сооружений в долях от стоимости их восстановления ориентировочно принят при повреждениях:

I – ой степени – 0,05

II – ой степени – 0,25

III – ой степени – 0,5

IV – ой степени – 1

V – ой степени – 1.

6. Ущерб от повреждения внутренних коммуникаций (линий связи, электросети, водопровода, канализации, телевидения) приравнивается к ущербам самих зданий (строений), а их стоимость входит в стоимость зданий.

7. При определении ущерба особое внимание уделяется возможным вторичным факторам поражения.

После уяснения сущности принятых допущений перейдем к расчетным методикам определения возможного ущерба от оползней (Степанян, Гюрджян и др., 2004).

§ 2. Методика определения ущерба при оползнях зданиям (жилым, в т.ч. частным), материальным ценностям и домашнему хозяйству

Расчеты сводятся к определению ущерба зданиям, внутренним коммуникациям, личному имуществу и суммарному ущербу с учетом возможного ущерба от вторичных поражающих факторов (рис. 188) с учетом необходимых средств и источников компенсации нанесенного ущерба : выплаты по страховым полисам, гуманитарная помощь и т.д.

Ущерб от повреждения объекта выражается через стоимость его восстановления (в драмах) или в долях единицы.

Исходной информацией для проведения расчетов являются : объем сошедшей оползневой массы, площадь покрытия, качественная характеристика степени повреждения объекта, паспортные данные объекта и т.д.

Перейдем к расчетным формулам определения возможного ущерба от оползней.

В общем виде расчетный ущерб $Y(j)$ от оползня определяем по формуле:

$$Y(j) = Y_1 + Y_2 + Y_{\text{вфн}} \quad (2.1.),$$

где: j – степень повреждения здания (здесь от I по III - ю),

Y_1 – ущерб от повреждения объекта,

Y_2 – ущерб от потерь личного имущества,

$Y_{\text{вфн}}$ – ущерб от вторичных поражающих факторов, вызванных оползнем.

Каждый из ущербов формулы 1.1. может быть выражен следующим образом:

а) ущерб зданиям:

$$Y_1(j) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^j C_i P(j) \quad (2.2.),$$

где: C_i – стоимость восстановления i – го здания (драм),

$P(j)$ – повреждения j -го здания в долях от первоначальной его стоимости,

i – число зданий (от 1 до n),

j – степень повреждения (с I по III-ю).

б) ущерб от потерь личного имущества:

$$Y_2 = \sum_{m=1}^n C_{имц} П_{имц} \quad (2.3),$$

где: $C_{имц}$ – стоимость материальных ценностей в драмах,

$П_{имц}$ – повреждения материальных ценностей в долях от первоначальной их стоимости.

в) ущерб от вторичных поражающих факторов, вызванных оползнем (в драмах):

$$Y_{виф} = \sum_{i=1}^n C_i П_i + C_{мц} П_{мц} \quad (2.4),$$

где: C_i – стоимость восстановления i – го здания,

$П_i$ – повреждения j -го здания в долях от фактической его стоимости,

$C_{мц}$ – стоимость поврежденных материальных ценностей, в т.ч. домашнего хозяйства,

$П_{мц}$ – повреждения материальных ценностей в долях от фактической их стоимости.

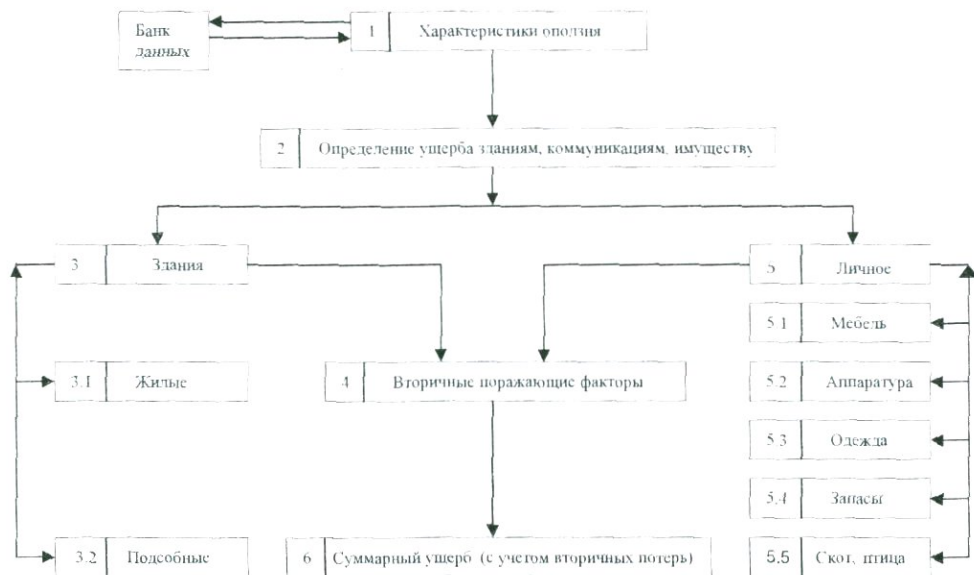


Рис.188. Блок-схема определения ущерба от оползней домам, внутренним коммуникациям и личному имуществу

Ущерб от повреждения внутренних коммуникаций (линий связи, электросети, водопровода, канализации, телевидения) приравнивается в долевом соотношении к ущербам самих зданий (строений), а их стоимость входит в стоимость зданий.

Таким образом, суммарный ущерб будет равен:

$$Y_{сум} = Y_{оп} + Y_{виф} \quad (\text{драм}) \quad (2.5).$$

Пример проведения расчетов по "Методике определения ущерба при оползнях зданиям, материальным ценностям и домашнему хозяйству".

Исходные данные:

- Под оползневой массой в разной степени погребены два жилых здания, одно подсобное строение и три гаража.
- По экспертному заключению:
 - первое здание получило III-ю степень повреждения, обычный туфовый дом (тип Б), стоимость восстановления 15 млн. драмов;
 - второе здание получило IV-ю степень повреждения, панельное (тип В), стоимость восстановления 18 млн. драмов;
 - гаражи – подсобные строения (тип А) получили II-ю степень повреждения, стоимость восстановления 60,0 тыс. драмов для каждого гаража;
 - курятник - подсобное строение (тип А) получил I-ю степень повреждения, стоимость восстановления 25,0 тыс. драмов.
- Стоимость личного имущества (материальных ценностей):
 - в первом здании – 8,0 млн. драмов,
 - во втором – 10,0 млн. драмов,
 - в гаражах – по 3,0 млн. драмов,
 - в курятнике – (птица, запасы) – 100,0 тыс. драмов.
- Людских потерь – нет.
- Вторичного фактора поражения не наблюдается.

Расчеты производятся в следующей последовательности

$$Y(j) = Y_1 + Y_2 + Y_{\text{впф}},$$

I. Ущерб зданиям

$$Y_i(j) = \sum_{i=1}^n C_i \Pi(j)$$

Для первого здания

а) ущерб от оползня:

C^1 - стоимость восстановления 15 млн. драмов

Π^1 – при III-ей степени повреждения ущерб зданию составит 0,5 стоимости восстановления.

Тогда $Y_1^1 = C^1 \Pi^1 = 15,0 \times 0,5 = 7,5$ млн. драмов.

б) ущерб от потерь материальных ценностей внутри здания:

$C^1_{\text{мц}}$ – стоимость личного имущества – 8,0 млн. драмов

$\Pi^1_{\text{мц}}$ – при III-ей степени повреждения ущерб материальным ценностям приравнивается к 0,5 их стоимости согласно п.5 "Принятых допущений".

Тогда $Y_2^1 = C^1_{\text{мц}} \Pi^1_{\text{мц}} = 8,0 \times 0,5 = 4,0$ млн. драмов.

Общий ущерб для первого здания составит:

$$Y^1 = Y_1^1 + Y_2^1 + Y^1_{\text{впф}} = 7,5 + 4,0 + 0 = 11,5 \text{ млн. драмов.}$$

Для второго здания

а) ущерб от оползня:

C^2 - стоимость восстановления 18 млн. драмов.

P^2 - при IV-й степени повреждения согласно п.5 "Принятых допущений" ущерб зданию составит полную стоимость восстановления.

Тогда $Y_1^2 = C^2 P^2 = 18,0 \times 1 = 18,0$ млн.драмов.

б) ущерб от потерь материальных ценностей внутри здания:

$C_{\text{мц}}^2$ - стоимость личного имущества - 10,0 млн.драмов.

$P_{\text{мц}}^1$ - при IV-й степени повреждения ущерб материальным ценностям, согласно п.5 "Принятых допущений", приравнивается к полной их стоимости.

Тогда $Y_2^2 = C_{\text{мц}}^2 P_{\text{мц}}^1 = 10,0 \times 1 = 10,0$ млн.драмов.

Общий ущерб для второго здания составит:

$$Y^2 = Y_1^2 + Y_2^2 + Y_{\text{впф}}^2 = 18,0 + 10,0 + 0 = 28,0 \text{ млн.драмов.}$$

Для гаражей

а) ущерб от оползня:

C^1 - стоимость восстановления гаража 60,0 тыс.драмов, трех - 180,0 тыс.драмов.

P^1 - при II-ой степени поражения согласно п.5 "Принятых допущений", ущерб гаражам приравнивается к 0,25 стоимости их восстановления.

Тогда $Y^1 = C^1 P^1 = 180,0 \times 0,25 = 45,0$ тыс.драмов.

б) ущерб от потерь материальных ценностей внутри гаражей:

$C_{\text{мц}}^1$ - общая стоимость имущества в гаражах - 9,0 млн.драмов.

$P_{\text{мц}}^1$ - при II-ой степени повреждения ущерб материальным ценностям, согласно п.5 "Принятых допущений", приравнивается к 0,25 их стоимости.

Тогда $Y^2 = C_{\text{мц}}^1 P_{\text{мц}}^1 = 9,0 \times 0,25 = 2,25$ млн.драмов.

Общий ущерб для гаражей составит:

$$Y^1 = Y^1 + Y^2 + Y^3 = 2,25 \text{ млн.др.} + 45,0 \text{ тыс.др.} = 2,7 \text{ млн.драмов.}$$

Для курятника:

а) ущерб от оползня:

C^k - стоимость курятника 25,0 тыс.драмов.

P^k - при I-ой степени повреждения ущерб курятнику, согласно п.5 "Принятых допущений", приравнивается к 0,05 его стоимости.

Тогда $Y_1^k = C^k P^k = 25,0 \times 0,05 = 1,25$ тыс.драмов.

б) ущерб от потерь птицы и запасов в курятнике:

$C_{\text{мц}}^k$ - стоимость птицы и запасов - 100,0 тыс.драмов.

$P_{\text{мц}}^k$ - при I-ой степени повреждения ущерб курятнику, согласно п.5 "Принятых допущений", приравнивается к 0,05 его стоимости.

Тогда $Y_2^k = C_{\text{мц}}^k P_{\text{мц}}^k = 100,0 \times 0,05 = 5,0$ тыс.драмов.

Общий ущерб для курятника составит:

$$Y^k = Y_1^k + Y_2^k + Y_{\text{впф}}^k = 1,25 + 5,0 + 0 = 6,25 \text{ тыс.драмов.}$$

Таким образом, общий ущерб по всем рассмотренным позициям составит:

$$Y^{\text{общ}} = 6,5 \text{ млн.др.} + 28,0 \text{ млн.др.} + 2,7 \text{ млн.др.} + 6,25 \text{ тыс.др.} = 37 \text{ млн.} 8,25 \text{ тыс.др.}$$

§ 3. Методика определения ущерба при оползнях зданиям производственного и непроизводственного (сфера услуг) назначения

Рассмотрим блок-схему на рис.189. Общий подход и принятые допущения идентичны подходу и допущениям "Методики определения ущерба при оползнях зданиям (жилым, в т.ч. частным), материальным ценностям и домашнему хозяйству".

Состояние на заданный момент времени характеризуется информацией банка данных, компонентами которой являются: характеристика оползня, основные фонды, нормативные данные, стоимость восстановления оборудования, стоимость продукции и запасов (по номенклатуре), данные по подсобным строениям, внутренним коммуникациям и характеристика вторичных поражающих факторов.

С использованием информации, характеризующей оползень (блок 1), и алгоритмов расчета ущерба зданиям (блок 2) производится определение ущерба зданиям как производственного (блок 3), так и непроизводственного (блок 4) назначения. Расчеты по соответствующим алгоритмам блоков 3 и 4 производятся раздельно по подблокам 3.1-3.5 и 4.1-4.5 и при необходимости суммируются для получения суммарного ущерба (блок 6). В случае поражения вторичными поражающими факторами производится расчет дополнительного ущерба (блок 5), результаты которого приплюсовываются к предыдущим для получения окончательного суммарного ущерба (блок 6).

Перейдем непосредственно к расчетным формулам определения ущерба:

$$Y(j) = Y_1 + Y_{\text{мц}} + Y_{\text{пр}} + Y_{\text{впф}} \quad (3.1.),$$

где: j – степень повреждения (здесь от 1-ой по 3-й),

Y_1 – ущерб от повреждения объекта,

$Y_{\text{мц}}$ – ущерб от повреждения оборудования, технологических линий, продукции, запасов сырья и материалов, иных материальных ценностей,

$Y_{\text{пр}}$ – ущерб от перерыва в выпуске продукции, предоставлении услуг,

$Y_{\text{впф}}$ – ущерб от вторичных поражающих факторов, вызванных оползнем.

Значения Y_1 , $Y_{\text{мц}}$ определяются аналогично формулам "Методики § 2". Значения $Y_{\text{впф}}$ – "Методики §4". Для расчета ущерба от прекращения (снижения производительности) выпуска продукции (предоставления услуг) примем следующую зависимость:

$$Y_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{пр}} \times t_{\text{ост}} \quad (3.2.),$$

где: n – число объектов, прекративших (приостановивших) выпуск продукции, предоставление услуг, в частном случае $n = 1$,

$C_{\text{пр}}$ – средняя, суточная стоимость выпускаемой продукции (предоставления услуг) на объекте (драм),

$t_{\text{ост}}$ – предполагаемая продолжительность остановки объекта до восстановления (сутки).

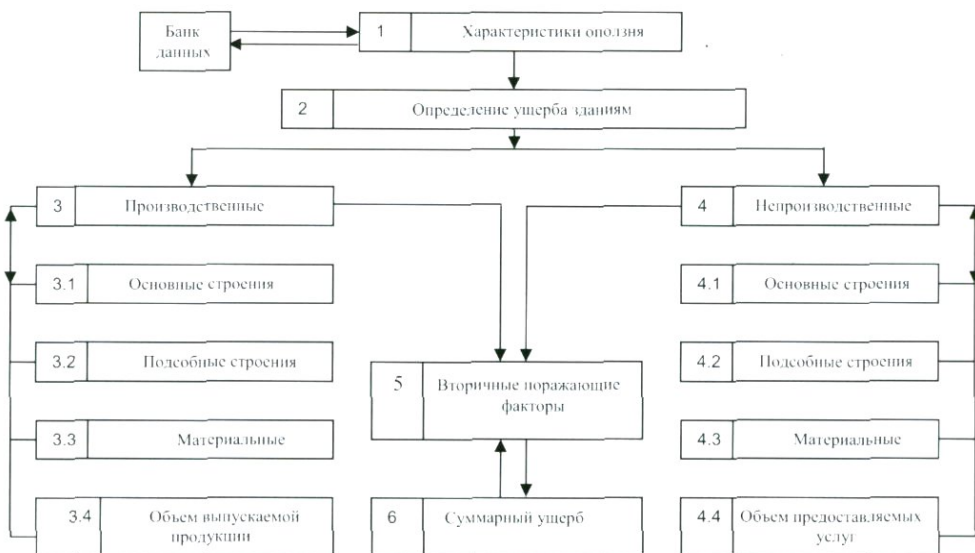


Рис. 189. Блок-схема определения ущерба при оползнях зданиям производственного и непроизводственного (сфера услуг) назначения

Пример проведения расчетов по "Методике определения ущерба при оползнях зданиям производственного и непроизводственного (сфера услуг) назначения".

Исходные данные:

- Под оползневой массой погребено одно производственное здание, степень повреждения II-я.
- Среднесуточная стоимость выпускаемой продукции составляет 1,0 млн. драмов.
- Предполагаемая продолжительность сокращения выпуска продукции до окончания ремонтно-восстановительных работ составляет 5 суток.
- Людских потерь нет.
- Вторичного фактора поражения не наблюдается.

Расчет по определению ущерба, связанного с сокращением выпуска продукции, производится по формуле:

$$У_{ипр} = П_{ипр} \times t_{ост}$$

$П_{ипр}$ – при II-ой степени повреждения производственного здания (по п.5 "Принятых допущений") наблюдается среднесуточное сокращение выпуска продукции на 0,25.

Тогда $П_{ипр} = 1,0 \text{ млн.др.} \times 0,25 = 250,0 \text{ тыс.драмов.}$

Потери за 5 суток составят : $У_{ипр} = 250,0 \times 5 = 1,25 \text{ млн.драмов.}$

Ущербы от повреждения объекта и потери материальных ценностей рассчитываются идентично, по формулам, приведенным в §2. Пример расчета ущерба от вторичных факторов поражения и затрат на расчистку грунта приводится в §4.

§ 4. Методика определения ущерба от оползней автомобильным дорогам с учетом повреждения транспортных средств и потери (порчи) грузов

Общий подход

Оценка обстановки на автомобильных дорогах после произошедшего события, повлекшего за собой воздействия вторичных факторов, сводится к определению:

- ущерба, нанесенного дорогам непосредственно оползнем;
- ущерба, причиненного вторичными факторами;
- затрат на ремонтно-восстановительные работы;
- затрат, связанных с вынужденным простоем машин и необходимостью осуществления перевозок по обходным дорогам;
- ущерба, связанного с потерями (повреждением, порчей) машин и грузов.

Основным фактором воздействия является оползень. Вторичными факторами могут явиться : наводнения, затопления, подтопления (прорыв плотин), пожары, взрывы (повреждения газо- и энергомагистралей) и другие.

Состояние дорог оценивается качественной характеристикой степени разрушения (повреждения), площадью покрытия и объемом оползневой массы и приравнивается к стоимости ремонта дорог (капитальному, среднему, текущему).

При проведении расчетов принимаются следующие допущения (на 1 км протяженности дороги):

- при повреждении и покрытии оползневой массой дороги на 60% и выше ущерб (U_i) приравнивается к затратам на проведение капитального ремонта;
- при повреждении и покрытии оползневой массой дороги от 35% до 60% ущерб (U_i) приравнивается к затратам на проведение среднего ремонта;
- при повреждении и покрытии оползневой массой дороги до 35% ущерб (U_i) приравнивается к затратам на проведение текущего ремонта.

Таким образом, ущерб от оползня, причиняемый i -ой дороге, рассчитывается по формуле :

$$U_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (Y_{оп} + Z_{рвр} + Z_{пр} + Y_{п} + Y_{вф}) \quad (4.1),$$

где: $Y_{оп}$ – ущерб, причиняемый дороге непосредственно оползнем;

$Z_{рвр}$ – затраты на ремонтно-восстановительные работы на дороге;

$Z_{пр}$ – затраты, связанные с простоем машин и необходимостью осуществления перевозок по обходным дорогам или попеременного пропуска транспортных средств в различных направлениях с наименьшей интенсивностью движения;

$Y_{п}$ – ущерб, связанный с потерями (повреждениями, порчей) машин (и грузов), оказавшихся под оползневой массой;

$Y_{вф}$ – ущерб, причиняемый дороге от возможных вторичных факторов поражения, спровоцированных оползнем;

n – число объектов, прекративших выпуск продукции (предоставление услуг);

m – число машин (с грузом), погребенных под оползневой массой.

Ущерб, причиняемый дороге непосредственно оползнем, оценивается путем расчета затрат, необходимых для расчистки дороги от объемов оползневой массы, т.е. приравнивается к затратам труда и горюче-смазочных материалов (ГСМ):

$$Y_{оп} = (Z_{т} + Z_{р} + Z_{гсм}) \times V \quad (4.2),$$

где: Z_r – затраты труда;

Z_p – затраты на расчистку грунта с проезжего участка;

$Z_{гсм}$ – расходы горюче-смазочных материалов;

V – объем сместившейся массы грунта на дорогу.

По Армении сумма отмеченных затрат в расчете на 1 тыс.м³ грунта в среднем составляет 1,5 млн. драм.

Таким образом:

$$Y_{он} = 1,5 \times V \text{ (млн. драм)} \quad (4.3).$$

В свою очередь,

$$V = L \times h \times b \text{ (тыс. м}^3\text{)} \quad (4.4),$$

где:

L – длина участка дороги, требующего расчистки (м),

h – высота грунта (м),

b – ширина грунта на проезжей части дороги (м).

В свою очередь, расчет затрат на ремонтно-восстановительные работы на дороге производится по формуле:

$$Z_{рвр} = Z \times L \quad (4.5),$$

где: Z – затраты на капитальный (Z_k), средний (Z_{cp}) или текущий (Z_t) ремонты;

L – длина участка дороги, требующего ремонта (восстановления).

Затраты на проведение ремонтно-восстановительных работ в зависимости от типа покрытия дороги приводятся в таблице 52.

Таблица 52.

Затраты на ремонтно-восстановительные работы на 1км протяженности дороги
(по Васильеву, 1989)

Тип покрытия	Затраты на ремонт (млн. драм)		
	Капитальный	Средний	Текуш ий
	В том числе стройматериалы		
асфальто-бетонное	120/70*	80/60	4/0,4
черно-щебеночное	15/0,5	12/0,2	8/0,1
черно-гравийное			
щебеночное	5/0,5	2/0,2	1/0,1
гравийное	2/-	0,2/-	0,1/-

*В знаменателе приводятся затраты на приобретение стройматериалов

Расчет затрат, связанных с простоем машин и необходимостью осуществления перевозок по обходным дорогам, практически сводится к простейшим расчетам затрат на дополнительное топливо, затрачиваемое в связи с удлинением маршрута, а также расчета производственных потерь на объектах.

На практике, при организации ремонтных работ на участке дороги, может возникнуть необходимость составления индивидуальной схемы организации движения транспорта, в том числе и принудительной. Методика организации движения транспорта на дорогах приведена в § 8.

Тогда :

$$Z_{np} = \sum_{i=1}^n C_i + P_{np} \quad (4.6),$$

где: Z_{np} – затраты, связанные с простоем транспорта и удлинением времени перевозок;

C_i – стоимость дополнительного топлива;

P_{np} – потери, связанные с возможными простоями производства на предприятиях, в свою очередь:

$$P_{np} = \sum_{i=1}^n C_{np} t_{pr} \quad (4.7),$$

где: C_{np} – средняя суточная стоимость выпускаемой продукции (предоставления услуг) на объекте;

t_{pr} – предполагаемая продолжительность останова объекта до прибытия транспорта с сырьем и материалами (комплектующих);

n – возможное число объектов, прекративших выпуск продукции или предоставление услуг.

При варианте полного перекрытия дороги и оказавшейся под оползневой массой колонны (нескольких) машин с грузом производственного (непроизводственного) назначения требуется проведение расчета по определению ущерба (Y_n), связанного с потерями (порчей, повреждениями) машин и грузов.

Отметим, что потери людей (водителей) и определение пострадавших и степени причиненного ущерба их здоровью, производится по отдельной методике и здесь не рассматриваются.

Расчет ущерба Y_n производится по формуле:

$$Y_n = \sum_{j=1}^m C_m P_m + C_{гр} P_{гр} \quad (4.8),$$

где: m – число машин;

j – степень покрытия оползневой массой;

C_m – стоимость машин;

$C_{гр}$ – стоимость грузов;

P_m – потери (ущерб) машины в долевом отношении к ее стоимости;

$P_{гр}$ – потери груза в долевом отношении к первоначальной стоимости.

Здесь стоимость машин и грузов может быть приравнена, в процентном отношении, к степени их покрытия (j) оползневой массой:

- при покрытии оползневой массой машин с грузами на 80% и выше причиненный ущерб приравнивается к их полной стоимости;

- при покрытии оползневой массой машин с грузами от 50% до 80% причиненный ущерб приравнивается к 50 % их стоимости;

- при покрытии оползневой массой машин с грузами от 25 % до 50 % причиненный ущерб приравнивается к 30% их стоимости;

- при покрытии до 25 % причиненный ущерб приравнивается к 10% их стоимости.

Приведенные допущения могут привести к неточностям (погрешностям) при расчетах. Для понижения расчетного процента погрешности во всех перечисленных выше случаях необходимо руководствоваться заключениями экспертов, проводивших на месте осмотр.

Ущерб, причиняемый дороге вторичными факторами поражения, спровоцированными оползнем, может быть рассчитан посредством следующего выражения:

$$Y_{\text{вф}} = Y_v + Y_{\text{нз}} + Z_{\text{п}} + Z_{\text{вз}} \quad (4.9),$$

где: Y_v – ущерб, причиняемый дополнительным объемом обрушившегося грунта;

$Y_{\text{нз}}$ – ущерб от возможного наводнения (затопления);

$Z_{\text{п}}$ – затраты на тушение возможных пожаров на газопроводах и их последствий;

$Z_{\text{вз}}$ – затраты на ликвидацию возможных взрывов и их последствий.

Предполагается расчет ущерба $Y_{\text{вф}}$ проводить на основе экспертных оценок. Один из вариантов расчета $Y_{\text{вф}}$ приводится в примере к данному параграфу.

При необходимости возможен расчет количества машин (экскаваторов, бульдозеров, грейдеров и др.), необходимых для проведения работ по расчистке грунта. При этом необходимо исходить из известного объема грунта и приводимых ниже мощностей:

- экскаватор – 200м³/день;
- бульдозер – 400м³/день;
- грейдер – 100м³/день,

что, в свою очередь, позволяет рассчитать продолжительность работ по расчистке грунта, естественно, после окончания возможных спасательных мероприятий.

В свою очередь, с помощью классификации работ по ремонту можно определить на месте способ ремонта, состав и характер работ, предусматриваемых этим ремонтом, а также потребности в ресурсах. Ниже приводятся потребности в ресурсах в зависимости от способа ремонта (таблица 53).

Таблица 53.

Потребности в ресурсах (Справочник инженера-дорожника, 1968)

Способ ремонта	Трудовые затраты, (чел.-час)	Условное топливо	Число автомобилей - самосвалов
Устройство нового слоя (традиционный способ)	207	3562	8
Термосмещение	125	3280	4
Термопластификация	119	3196	2

Пример проведения расчетов по “Методике определения ущерба при оползнях автомобильным дорогам с учетом повреждения транспортных средств и потери грузов”.

Исходные данные:

- Участок дороги покрылся (по ширине) оползневой массой и получил повреждения на 50% - (экспертное заключение).
- Покрытие дороги – асфальто-бетонное.
- Ширина проезжей части дороги - 8 метров.
- Размеры оползневой массы, по экспертным оценкам : высота $h = 27\text{м}$, ширина $b = 4\text{м}$, длина $L = 190\text{м}$.
- Движение по дороге перекрыто на половину проезжей части.
- Машин под оползневой массой оказалось : две грузовые (с грузом) и одна легковая

▪ одна грузовая машина, стоимостью 3 млн.136 тыс.драмов и грузом стоимостью 20 млн.драмов, покрыта оползневой массой на 80%; вторая, стоимостью 2 млн.200 тыс.драмов и грузом стоимостью в 10 млн.драмов - на 60%; легковая, стоимостью 1 млн.120 тыс.драмов - на 40%.

- Людских потерь нет.
- Наблюдаются проявления вторичного фактора поражения - повреждение ветки газопровода и утечка газа.

Расчеты по определению ущерба производятся в следующем порядке:

$$Y_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (Y_{оп} + Z_{рвр} + Z_{пр} + Y_{п} + Y_{вф}),$$

1. Расчет ущерба, причиненного дороге непосредственно оползнем – $Y_{оп}$.

Определение $Y_{оп}$ сводится к определению затрат, необходимых для расчистки дороги от фактического объема оползневой массы, который по исходным данным примера составит $V = L \times h \times b = 190 \times 27 \times 4 = 10800 \text{ м}^3 = 10,8 \text{ тыс.м}^3$. Учитывая, что по Армении сумма затрат по расчистке дорог от объемов грунтовой массы в среднем составляет 1,5 млн.драмов в расчете на 1 тыс.м³ грунта, получаем:

$$Y_{оп} = 1,5 \times V = 1,5 \times 10,8 = 16,2 \text{ млн.драмов.}$$

2. Расчет затрат на ремонтно-восстановительные работы дороги - $Z_{рвр}$.

Расчет начинается с определения типа необходимого ремонта. По принятым допущениям методики – при повреждении и покрытии дороги оползневой массой от 35% до 60% (в нашем случае 50%), ущерб приравнивается к затратам на проведение среднего ремонта. Таким образом, затраты на проведение ремонтно-восстановительных работ (по таблице), в зависимости от типа покрытия дороги (в нашем случае - асфальто-бетонное), складываются из затрат непосредственно на проведение среднего ремонта и затрат на приобретение стройматериалов.

По первой строке столбца 3 таблицы определяем затраты на проведение среднего ремонта дороги с асфальто-бетонным покрытием на 1 км – 80 млн.драмов, плюс 60 млн.драмов на приобретение стройматериалов.

С учетом того, что ширина участка дороги, покрытого оползневой массой, равна 4 м, т.е. половине проезжей 8 - метровой части, а длина – 190 м (0.19 км), получаем:

$$Z_{рвр} = (80 + 60) \times 4 \times 0,19 = 105,4 \text{ млн.драмов.}$$

3. Расчет затрат, связанных с простоем машин и необходимостью осуществления перевозок по обходным дорогам или попеременного пропуска транспортных средств в различных направлениях с наименьшей интенсивностью движения - $Z_{пр}$.

Определение $Z_{пр}$ необходимо начинать с посылки (исходные данные) о том, что движение по дороге перекрыто на половину проезжей части. Таким образом, заключаем, что по дороге возможно одностороннее движение и долговременного простоя машин не будет, кроме вероятного времени, необходимого для извлечения двух грузовых и легковой машин, покрытых оползневой массой. В нашем примере практически отпадает

необходимость осуществления перевозок по обходным дорогам, что, впрочем, сводится к простейшим расчетам затрат на дополнительное топливо (C_T).

Организация движения транспорта на дорогах требует отдельного подхода и рассчитывается на основе отдельной методики (§ 8).

4. Расчет ущерба, связанного с потерями (повреждениями, порчей) машин и грузов, оказавшихся под оползневой массой – $Y_{п.}$

Определение ущерба производится отдельно по каждой из машин с учетом принятых в методике исходных данных и допущений, а именно степени покрытия (экспертная оценка) их оползневой массой (в %) к стоимости машин и грузов.

По первой грузовой машине :

- стоимость машины – 3 млн.136 тыс.драмов,
- стоимость груза – 20 млн. драмов,
- по экспертной оценке покрытие машины оползневой массой составляет 80 %,
- причиненный ущерб приравнивается к полной стоимости.

Тогда : $Y_{п.}^1 = 3136000 + 20000000 = 23$ млн.136 тыс.драмов.

По второй грузовой машине :

- стоимость машины – 2 млн.200 тыс. драмов,
- стоимость груза – 10 млн.драмов,
- покрытие оползневой массой – 60%,
- причиненный ущерб приравнивается к 50% стоимости.

Тогда : $Y_{п.}^2 = (2200000 + 10000000) \times 0,5 = 6$ млн.100 тыс.драмов.

По легковой машине :

- стоимость машины – 1 млн.120 тыс.драмов,
- стоимость груза – 0,
- покрытие оползневой массой – 40%,
- причиненный ущерб приравнивается к 30% стоимости.

Тогда : $Y_{п.}^3 = 1120000 - (1120000 \times 0,3) + 0 = 784$ тыс.драмов.

Таким образом : $Y_{п.} = Y_{п.}^1 + Y_{п.}^2 + Y_{п.}^3 =$

$= 23$ млн.136 тыс.др.+ 6млн.100 тыс.др. + 784 тыс.др. = 30 млн. 20 тыс.драмов.

5. Расчет ущерба, причиняемого вторичным фактором поражения, спровоцированного оползнем – $Y_{вф.}$

В нашем случае (вследствие повреждения ветки газопровода) – возникшая утечка газа, приведшая к взрыву и пожару (горению факела).

Оперативные мероприятия :

- локализация пожара, связанная с необходимостью обеспечения нераспространения пожара на вблизи расположенный объект, до полного сгорания оставшегося объема газа после перекрытия магистрали отсекателем;
- проведение ремонтных работ на газопроводе.

По примеру – ущерб ($Y_{вф.}$) складывается из затрат ($Z_{рр}$) на ликвидацию последствий взрыва, т.е. ремонтно-восстановительные работы газопровода, затрат ($Z_{лп}$) на локализацию пожара и стоимости сгоревшего газа (C_T), потерянного вследствие его утечки (сгорания) в течение времени t .

Тогда : $Y_{вф.} = Z_{рр} + Z_{лп} + C_T \cdot t$, где :

Z_{pp} - затраты на ремонтно-восстановительные работы зависят от масштаба повреждения газопровода, нанесенного оползнем и взрывом. В данном сценарии развития событий возникает необходимость замены трубы. Допустим, что необходимо заменить 5 погонных метров магистрали диаметром $D = 200$ мм. По таблице “Методики определения ущерба транспортным магистралям при оползнях”, приравнивая замену трубы к капитальному ремонту магистрали, находим усредненную стоимость (14000.0 тыс.драмов) на 1 погонный километр.

Тогда : $Z_{pp} = 14000.0 : 1000 \times 5 = 70.0$ тыс.драмов с учетом проектной сметной и рыночной стоимостями газовой трубы.

Z_m – затраты на локализацию пожара

Для расчета необходимо располагать соответствующими исходными данными, учитывающими оперативно-тактические особенности объекта, вид пожара, характер пожарной нагрузки, конкретные условия обстановки и другие факторы. Отметим, что для локализации пожара, вытекающего из трубопровода газа под давлением, используют компактные и распыленные струи воды, воздушно-механическую пену низкой и средней кратности, газоводяные струи, порошковые составы, такие как порошок ПСБ-3 - механическая смесь бикарбоната натрия с химически осажденным мелом (углекислым кальцием), тальком и аэросилом АМ-1-300 (кремнийорганическая добавка). Для простоты расчетов, способом локализации пожара примем распыленные струи воды. При организации подвоза воды пожарными автоцистернами необходимо обеспечить бесперебойность подвоза воды и подачи ее на локализацию пожара. Количество автоцистерн для подвоза воды определяют с учетом бесперебойной работы приборов локализации на пожаре по формуле (Иванников, Ключ, 1987) :

$$N_{\text{ац}} = [(2 t_{\text{сл}} + t_{\text{зап}} / t_{\text{расх}})] + 1,$$

где $N_{\text{ац}}$ – количество автоцистерн одинакового объема для подвоза воды, шт.;

$t_{\text{сл}}$ – время следования автоцистерны от места пожара к водоему или наоборот, мин.;

$t_{\text{зап}}$ – время заправки автоцистерны водой, мин.;

$t_{\text{расх}}$ – время расхода воды из автоцистерны на месте пожара, мин.;

1 - минимальный резерв автоцистерн (исходя из конкретных обстоятельств на пожаре – данный резерв может быть большим).

Время следования автоцистерны к водоему или обратно определяют по формуле:

$$t_{\text{сл}} = L \times 60 / V_{\text{движ}},$$

где L – расстояние от места пожара до водоема или обратно, км ;

$V_{\text{движ}}$ – средняя скорость движения автоцистерн, км/час.

Время заправки автоцистерн зависит от способа заправки и определяется по формуле:

$$t_{\text{зап}} = V_{\text{ц}} / Q_{\text{н}} \times 60,$$

где $V_{\text{ц}}$ - объем цистерны, л;

$Q_{\text{н}}$ - средняя подача воды насосом, которым заправляют автоцистерну или расход воды из пожарной колонки, установленной на гидрант, л/с.

Время расхода воды на месте пожара определяют по формуле:

$$t_{\text{расх}} = V_{\text{л}} / N_{\text{пр}} \times Q_{\text{пр}} \times 60,$$

где $N_{\text{пр}}$ - число приборов подачи, расходующих воду (водяных стволов, СВП, ГПС);

$Q_{\text{пр}}$ – расход воды из приборов подачи, расходующих воду, л/с.

Если на локализацию (тушение) подаются стволы с различными насадками, то расход определяется отдельно, а затем суммируют его.

Перейдем теперь непосредственно к расчетам по нашему примеру и определим количество автоцистерн АЦ – 40 (130) 63 А для подвоза воды из реки (пруда), расположенной в 2 км от места пожара, если для локализации (тушения) необходимо подать три ствола Б с диаметром насадок 13 мм. Заправку автоцистерн осуществляют мотопомпой МП – 800, средняя скорость движения автоцистерн 30 км/ч.

- Решение. 1. $t_{\text{цл}} = L \times 60 / V_{\text{движ}} = 2 \times 60 / 30 = 4$ мин;
2. $t_{\text{зап}} = V_{\text{ц}} / Q_{\text{ж}} \times 60 = 2100 / 3,7 \times 60 = 3,5$ мин;
3. $t_{\text{расх}} = V_{\text{ц}} / N_{\text{тр}} \times Q_{\text{пр}} \times 60 = 2100 / 3 \times 3,7 \times 60 = 3$ мин;
4. $N_{\text{ац}} = [(2 t_{\text{цл}} + t_{\text{зап}} / t_{\text{расх}})] + 1 = (2 \times 4 + 3,5 / 3) + 1 = 10$ автоцистерн.

С целью определения численности личного состава, требуемого количества пожарных подразделений (отделений) основного и специального назначения, вспомогательной и хозяйственной техники, сил и средств гражданской обороны, воинских подразделений, населения и других сил, с учетом конкретной (или возможной) обстановки, следует руководствоваться методами расчета, приводимыми в работе В.П.Иванникова и П.П.Клюса (1987):

Таким образом, затраты на локализацию пожара сводятся к определению суммы, состоящей из трудозатрат личного состава (примем численность - 50 человек), затрат на эксплуатацию техники (10 автоцистерн в течение 8 часов) и стоимости расхода пожаротушающего вещества (в нашем примере - воды) и тогда:

$$Z_{\text{лп}} = Z_{\text{тр}} + Z_{\text{тех}} + C_{\text{в}}.$$

где $Z_{\text{лп}}$ – затраты на локализацию пожара (драм);

$Z_{\text{тр}}$ – трудозатраты из расчета на 50 человек личного состава боевого расчета в течение 8 часов и среднемесячной заработной платы одного пожарника равной 24,0 тыс.драмов – составят: $24,0 : 22 \times 50 = 54,5$ тыс.драмов без учета надбавок, учитываемых при работе в особых условиях, и премиальных. Отметим, что фактическое время, потраченное на локализацию пожара, не соизмеримо со временем работы боевого расчета в целом.

$Z_{\text{тех}}$ – затраты на эксплуатацию техники. В нашем примере приравниваются к:

- расходам топлива в расчете на 10 пожарных автоцистерн на расстояние из места дислокации до очага пожара, равного 50 км (туда и обратно 100 км) на 10 машин – 1000 км, а с учетом пробега в 4 км (туда и обратно) каждой для заправки и подвоза воды общее расстояние составит 1040 км. С учетом расхода топлива (солярки стоимостью 240 др./литр) каждой машиной 12 литров на 100 км пробега объем необходимого горючего составит 124,8 литра;
- расходам топлива для работы 10 мотопомп МП – 800 в течение, ориентировочно, полутора часов, при расходе горючего 5 л/час, что составит 10 машин \times 1,5 час \times 5 л/час = 75 литров. И тогда стоимость необходимого топлива составит $(75 + 124,8) \times 240 = 48$ тыс.др.;
- затратам на амортизацию и непредвиденные расходы, могут быть приняты в 50,0 тыс.драмов. Общая сумма составит 98,0 тыс.др.

$C_{\text{в}}$ - стоимость необходимого объема воды. Для нашего примера из расчета $V_{\text{ц}} = 2100$ литров объема каждой автоцистерны и тогда $2100 \times 10 = 21000$ л. $C_{\text{в}} = 21000 \text{ л} \times 35 \text{ др.} = 735,0$ тыс.драмов из расчета стоимости 1 литра технической воды, равной 35 драмам.

$$\text{В итоге: } Z_{\text{лп}} = Z_{\text{тр}} + Z_{\text{тех}} + C_{\text{в}} =$$

$$- 54.5 \text{ тыс.др.} + 98.0 \text{ тыс.др.} + 735.0 \text{ тыс.др.} - 887.5 \text{ тыс.драмов.}$$

C_r^1 - стоимость газа C_r , потерянного вследствие его сгорания в течение времени t . Допустим, что фактическое "потребление" (утечка) природного газа по счетчику на входе магистрали (до потребителя) составило 3.0 млн.м^3 за 5 часов. С учетом "Примечаний к таблице " определяем стоимость 1 м^3 газа, что составит 59 драмов.

$$\text{Тогда: } C_r^1 = 3.0 \text{ млн.м}^3 \times 59 \text{ драмов} = 177 \text{ млн.драмов.}$$

и

$$Y_{\text{вф}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{п}} + C_r^1 = 70.0 \text{ тыс.драмов} + 887.5 \text{ тыс.драмов} + 177 \text{ млн.драмов} = 177 \text{ млн.} 957.5 \text{ тыс.драмов.}$$

Таким образом, суммарный ущерб по данному примеру составит :

$$Y = Y_{\text{оп}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{п}} + Y_{\text{п}} + Y_{\text{вф}} = 16,2 \text{ млн.драмов.} + 105,4 \text{ млн.драмов.} + 0 + 30,2 \text{ млн. драмов.} + 177, 957,5 \text{ млн.драмов} = 329,757,5 \text{ млн. драмов.}$$

§ 5. Методика определения ущерба при оползнях магистралей

Под магистралями, на данном этапе, нами рассматриваются: газопроводы, нефтепродуктопроводы, волопроводы, волоканалы, линии связи и линии электропередач (рис.190). Ущерб автодорогам рассчитывается согласно Методике §4. Расчет ущерба авто- и железнодорожным мостам приводится в Методике §6.

Ущерб от повреждения магистрали выражается через стоимость ее восстановления (ремонта) в драмах, или долях от первоначальной стоимости, а также косвенного ущерба от возможного простоя объектов, связанного с обеспечением ресурсами непосредственно с поврежденной или вышедшей из строя магистрали.

Исходной информацией для проведения расчетов являются: фактическая характеристика оползня, качественная характеристика степени повреждения магистрали, ее стоимость и т.д.

Под косвенным ущербом объекта нами рассматривается частичная или полная остановка выпуска продукции (предоставления услуг), связанная с (частичным или полным) прекращением обеспечения объекта (производственного или непроизводственного назначения) газом, электроэнергией, водой, связью, топливом, а также с возможными недопоставками продукции, комплектующих материалов и т.д., непосредственно связанное с вынужденными простоями транспортных средств.

Состояние магистралей после события оценивается качественной характеристикой степени их разрушения (повреждения), площадью покрытия и объемом оползневой массы и приравнивается к стоимости ремонта магистрали (капитального, среднего, текущего).

В общем виде ущерб от оползня, причиняемый i -ой магистрали, рассчитывается по следующей формуле:

$$Y_i = Y_{\text{оп}} + Y_{\text{пр}} + Y_{\text{п}} + Z_{\text{в}} + Y_{\text{вс}} + Y_{\text{вф}} \quad (5.1),$$

где: $Y_{\text{оп}}$ - ущерб, причиняемый магистрали непосредственно оползнем; метод расчета приводится в Методике §4;

$Y_{\text{пр}}$ - ущерб объекта, связанный с частичным или полным прекращением выпуска продукции (предоставления услуг); метод расчета приводится в Методике §3;

$Y_{\text{п}}$ - ущерб поставщика, связанный с прекращением (частичным или полным) им обеспечения области, района (объекта) газом, электроэнергией, водой, связью, топливом и т.д.; метод расчета приводится в Методике §4;

Z_v – затраты на восстановление, проведение ремонта (капитального, среднего, текущего) магистрали; метод расчета приводится в Методике §4;

$U_{вс}$ – ущерб причиненный вспомогательным сооружениям (подстанциям, напорным башням и пр.); метод расчета приводится в Методике §2;

$U_{виф}$ – ущерб от вторичных поражающих факторов, вызванных оползнем; метод расчета приводится в Методике §2.

В свою очередь, ущерб объекта, связанный с частичной или полной остановкой производства (предоставления услуг), зависит от прекращения (сокращения) подачи (поставок): газа, электроэнергии, воды, топлива, продукции, комплектующих материалов и т.д. Примем, что объект не получает ущерба от прекращения функционирования системы связи, т.е. выхода из строя линий связи, так как работа системы может дублироваться сотовой связью.

Тогда:
$$U_{пр} = \Pi_{пр} \times t_{ост} \quad (5.2),$$

метод расчета приводится в Методике §3.

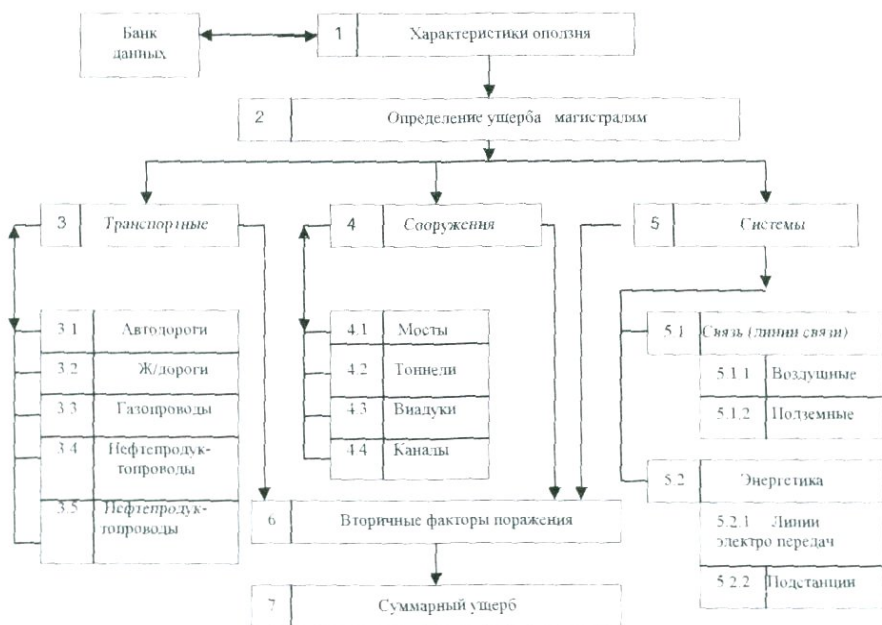


Рис. 190. Блок-схема определения ущерба от оползней магистралям

Стоимость ремонта газовых магистралей

Типы труб по диаметрам, мм	Усредненная стоимость, тыс. драм на 1 погонный км магистрали	
	капитального ремонта (строительства)*	восстановления (текущего ремонта)
1	2	3
D=50	5000.0	500.0
D=75	5500.0	526.0
D=100	6000.0	560.0
D=150	8000.0	635.0
D=200	14000.0	685.0
D=250	16000.0	800.0
D=300	30000.0	1200.0
D=350	34000.0	1500.0
D=400	40000.0	2000.0
D=450	50000.0	3000.0
D=500	60000.0	6000.0
D=700	80000.0	12000.0
D=1000	120000.0	18000.0

*В стоимость капитального ремонта (строительства) включены проектная сметная стоимость и рыночная стоимость газовых труб и газа.

Мощность газопровода принимается равной либо фактическому потреблению, либо проектной его мощности.

Перейдем к рассмотрению метода расчета ущерба (потерь) поставщика, связанного с вынужденным простоем соответствующей магистрали.

Расчет сводится к определению:

на газопроводе

потерь объема газа до отключения ветки сети газопровода, поврежденной оползнем, в стоимостном выражении:

$$C_r^1 = V_r \times C_r \quad (5.3.),$$

где: C_r^1 – стоимость газа, потерянного вследствие его утечки в течение времени t ;

V_r – объем газа, потерянного за то же время t ;

C_r – стоимость 1 м³ газа.

Практический пример расчета приводится в Методике §4.

Расчет потерь по другим магистралям (нефтепродуктопровод, водопровод, водоканал) производится аналогично формуле (4.3), приведенной выше. Для линий связи и электропередач расчет сводится к определению потерь в период отключения поврежденной линии и, в связи с этим, невозможностью предоставления абонентам (потребителям) соответствующих услуг, опять же в стоимостном выражении.

Для практического осуществления соответствующих расчетов приводятся данные в табличной форме, отражающие стоимость проведения ремонтных работ по ряду магистралей (табл. 55-57).

Таблица 55.

Данные по магистралям ЗАО "Водопровод-канализация"

Мощность водопроводных сетей, м ³ /час	Себестоимость 1 м ³ питьевой воды, драм	Стоимость ремонта 1 погонного метра, тыс. драм	
		текущего	капитального
40872	75.17		
водопровода		9.2	47.0
канализационных магистралей		8.1	40.3

Таблица 56.

Данные по каналам и водохранилищам

Стоимость оросительной воды	Стоимость ремонта, тыс. драм	
	текущего	капитального
ремонт 1 погонного метра оросительного канала	1.5	-
ремонт насосных станций	52800.0	86395.0
очистные работы на водоканале	95124.0	-
ремонтные работы на водоканале	41712.0	-
ремонтные работы на головных сооружениях	1396.0	-
ремонтные работы на водохранилищах	834	-

Таблица 57.

Стоимость ремонта высоковольтных линий электропередач

Электросеть	Стоимость ремонта линий электропередач (тыс. драм/км)		Стоимость ремонта высоковольтной трансформаторной подстанции (тыс. драм)		
	текущего	капитального	К-во	текущего	капитального
Восточная (Гегаркуник)	4500.0	12000.0	2	2000.0	3000.0
Западная (Ширак)	3000.0	12000.0	2	2000.0	3000.0
Горис (Сюник)	4000.0	10000.0	1	1000.0	2000.0
Зангезур (Сюник)	3000.0	8000.0	1	1000.0	2000.0
Центральная (Ереван, Арагацотн, Армавир)	4500.0	12000.0	3	3000.0	4000.0
Южная (Ереван, Вайк)	4500.0	14000.0	3	3000.0	4000.0
Северная (Лори)	4000.0	12000.0	2	2000.0	3000.0

§ 6 Методика определения ущерба при оползнях для автомобильных и железнодорожных мостов

При рассмотрении расчета ущерба от оползней в данном случае за основу можно принять методику расчета ущерба при оползнях для автомобильных дорог.

При прогнозировании и оценке состояния инженерной обстановки мостов после оползней, повлекших за собой воздействие вторичных факторов, расчеты сводятся к определению:

- ущерба, причиняемого мостам непосредственно оползнем;
- ущерба от простоя транспортных средств;
- затрат на строительство временного моста для прохождения транспортных средств.

Состояние мостов оценивается степенью их разрушения (повреждения) и приравнивается к видам ремонтных работ (капитальному, среднему, текущему), а при проведении расчетов принимаются следующие допущения:

- при разрушении мостов на 45% и выше ущерб приравнивается к затратам на проведение капитального ремонта.
- при разрушении (повреждении) мостов от 25% до 45% ущерб приравнивается к затратам на проведение среднего ремонта;
- при разрушении (повреждении) мостов до 25% ущерб приравнивается к затратам на текущий ремонт (табл.58).

Таким образом, суммарный ущерб от оползня, причиняемый мостам, рассчитывается по следующей формуле :

$$Y = Y_{оп} + Z_{рвр} + Y_{пр} + Z_{вр.м} \quad (6.1.),$$

где Y - суммарный ущерб от оползня;

$Y_{оп}$ - ущерб, причиняемый мостам непосредственно оползнем;

$Z_{рвр}$ - затраты на ремонтно-восстановительные работы;

$Y_{пр}$ - ущерб от простоя транспортных средств;

$Z_{вр.м}$ - затраты на строительство временного моста.

Таблица 58.

Стоимость ремонтных работ на железнодорожных мостах
(данные ЗАО "Армянские железные дороги")

Стоимость ремонта погонного метра (тыс. драм)	текущего	среднего	капитального
	21.000	--	--

Пример проведения расчетов по "Методике определения ущерба при оползнях для автомобильных и железнодорожных мостов"

Исходные данные:

- По экспертным оценкам железнодорожный мост покрылся оползневой массой и причиненный ущерб по степени повреждения составил 50%, что приравнивается к затратам на проведение капитального ремонта.
- Длина оползневого грунта, покрывшего железнодорожный мост составляет $L = 190$ м, высота $h = 2$ м, ширина $b = 10$ м.
- Движение перекрыто полностью.
- Людских потерь нет.
- Вторичных факторов поражения – нет.
- Возможность и необходимость строительства временного моста отсутствуют.

Расчеты по определению суммарного ущерба от оползня производятся по нижеприводимой формуле в следующей последовательности :

$$Y = Y_{оп} + Z_{рвр} + Y_{пр} + Z_{вр.м},$$

$Y_{оп}$ – ущерб, причиняемый ж/д мосту непосредственно оползнем, сводится к определению затрат на расчистку моста от фактического объема оползневой массы, тогда идентично расчету приведенному в примере § 4 :

$$V = L \times h \times b = 190 \times 2 \times 10 = 3,8 \text{ тыс.м}^3$$

Учитывая, что по Армении сумма затрат по расчистке дорог от объемов грунтовой массы в среднем составляет 1,5 млн.драмов в расчете на 1 тыс.м³, получаем :

$$Y_{оп} = 1,5 \times V = 1,5 \times 3,8 = 5,7 \text{ млн.драмов.}$$

$Z_{рвр}$ – затраты на ремонтно-восстановительные работы. Расчет начинается с определения типа необходимого ремонта, в приводимом примере – капитальный. По приводимой в Методике таблице определяем стоимость капитального ремонта одного погонного метра ж/д моста. За неимением информации по данному показателю, примем стоимость капитального ремонта одного погонного метра железнодорожного моста в три раза (как минимум) превышающую стоимость текущего ремонта – $C_{кап} = 63,0$ тыс.драмов.

$$\text{Тогда } Z_{рвр} = L \times C_{кап} = 190 \times 63,0 = 11,97 \text{ млн.др.}$$

Ущерб от простоя транспортных средств $Y_{пр}$, в нашем случае от остановки движения по ж/д мосту, может быть сведен к определению суммы потерь, понесенных производственными и непроизводственными объектами от сокращения выпуска продукции (предоставления услуг) за счет недопоставок сырья, материалов, полуфабрикатов и т.д. в течение времени T . Время T может быть приравнено ко времени, затрачиваемому (при необходимости) на разгрузку ж/д вагонов и перезагрузку на автотранспорт с целью доставки необходимого груза на объекты по обходным ж/д мост автодорогам. Примем $T = 2$ суткам, а среднесуточное сокращение выпуска продукции на объектах на 25%, при среднесуточной суммарной стоимости выпускаемой продукции всеми объектами в 100,0 млн.драмов.

$$\text{Тогда } Y_{пр} = 100,0 \times 0,25 \times 2 = 50,0 \text{ млн.драм.}$$

$Z_{вр.м}$ – затраты на строительство временного моста, по принятым в примере условиям, равны 0.

$$\text{И тогда: } Y = Y_{оп} + Z_{рвр} + Y_{пр} + Z_{вр.м} = 5,7 + 11,97 + 50,0 + 0 = 67,67 \text{ млн.др.}$$

§ 7. Методика определения ущерба при оползнях сельскохозяйственным угодьям

Оценка суммарного ущерба после оползня сельскохозяйственным угодьям сводится к определению ущерба, наносимого пашням, многолетним насаждениям, пастбищам, а также вспомогательным строениям (рис.191).

В общем виде, ущерб сельскохозяйственным угодьям оценивается по формуле:

$$Y_{су} = Y_{п} + Y_{мн} + Y_{кв} + Y_{вс} + Z_{р} \quad (7.1.),$$

где $Y_{п}$ – ущерб, наносимый пахотным землям (поливным, неорошаемым),
 $Y_{мн}$ - ущерб, наносимый многолетним насаждениям (виноград, плодовые).

$Y_{ку}$ - ущерб, наносимый естественным кормовым угодьям (сенокосы, пастбища),

$Y_{вс}$ - ущерб, наносимый вспомогательным строениям (устройства для складирования силоса, временные кошары для укрытия скота, бассейны, колодцы, каналы и пр.), подъездным дорогам и тропам, инженерным защитным сооружениям,

Z_p - затраты, необходимые на проведение рекультивации земель.

Рассмотрим последовательно слагаемые вышеотмеченного ущерба.

Оценка ущерба, наносимого оползнем пахотным землям (Y_n), сводится к определению ущерба поливным, либо несорошаемым землям с учетом средней чистой прибыли, получаемой с 1 Га.

$$\text{Тогда} \quad Y_n = S_n \times П_{сп} \times K \quad (7.2),$$

где: S_n - площадь пахотных земель, покрытая оползневой грунтом, в свою очередь:

$$S_n = L \times b \quad (7.3),$$

где: L - длина оползневого участка,

b - ширина участка,

$П_{сп}$ - средняя чистая прибыль с 1 Га земли (по данным таблицы),

K - коэффициент определения стоимости 1 Га земли по РА $K = 25$

(Постановление Правительства РА за N 237 от 03.07.1997 г.).

Оценки ущерба, наносимого многолетним насаждениям (Y_{mn}), сводится к определению потерь виноградникам и плодовым насаждениям (косточковым, либо семенным).

$$\text{Тогда} \quad Y_{mn} = S_{mn} \times П_{сп} \times K \quad (7.4),$$

где S_{mn} - площадь земли под многолетними насаждениями (формула 7.3.).

$П_{сп}$ - средняя чистая прибыль с 1 Га земли (таблица),

K - коэффициент стоимости, $K = 25$.

Расчет ущерба, наносимого оползнем многолетним насаждениям, можно производить и с помощью средней плодородности деревьев, беря за основу вид и число поврежденных деревьев (виноградных лоз) по данным таблицы.

$$\text{Тогда} \quad Y_{mn} = Ч_v \times П_{пл} \times C_p \quad (7.5),$$

где $Ч_v$ - число поврежденных деревьев x - го вида,

$П_{пл}$ - средняя плодородность одного дерева,

C_p - рыночная стоимость 1 кг плодов.

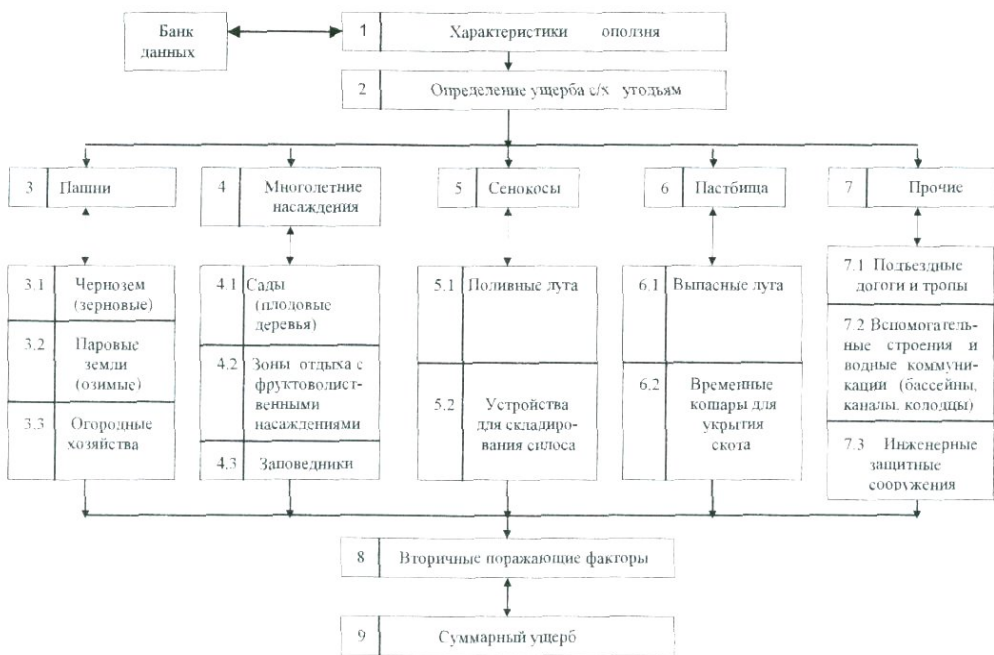


Рис. 191. Блок-схема определения ущерба от оползней сельскохозяйственным угодьям

Таблица 59.

Средняя чистая прибыль (тыс. драм / 1 га) по марзам РА на 01.09.04

Марзы РА	Пашотные земли		Многолетние насаждения			Естественные пастбища			
	Поливные	Неорошаемые	Вишград	Плодовые		Ближние		Дальние	
				Семенные	Косточковые	Сенокосы	Пастбища	Сенокосы	Пастбища
Арагацотн	49.0	21.2	118.6	143.9	62.8	28.1	11.3	24.6	10.8
Арабат	86.7	9.9	222.0	119.7	131.1	12.3	7.3	7.7	6.8
Армавир	89.4	10.4	176.7	143.4	127.9	11.8	3.4	-	5.2
Гегаркуник	61.4	28.3	-	150.0	-	25.4	16.8	21.1	13.0
Лори	69.7	33.3	98.3	130.4	161.0	36.6	21.5	30.0	24.6
Котайк	59.2	22.5	104.2	128.5	61.1	23.6	10.9	18.2	9.2
Ширак	54.6	21.8	-	137.3	-	27.2	14.6	16.8	137.3
Сюник	48.5	19.8	60.7	72.0	40.4	23.7	15.4	26.3	16.4
Вайоц Дзор	29.6	10.2	61.1	101.9	53.2	16.1	8.5	15.3	9.3
Тавуш	65.7	29.2	144.2	160.0	183.4	34.9	27.6	31.4	27.0
Ереван	91.0	13.1	139.9	195.1	79.0	3.3	2.9	-	10.4
В среднем по Республике	67.7	24.0	170.4	129.9	126.1	29.3	15.2	23.0	14.6

Примечание: стоимость 1 га земли получается, исходя из произведения средней чистой прибыли на коэффициент 25 (Постановление Правительства РА N 237 от 03. 07.1997г.)

Средняя плодоносность деревьев

Деревья (по видам)	Средняя плодоносность (кг с 1 дерева)
Абрикос	100 – 700
Персик	80 – 120
Вишня	10 – 12
Слива	40 – 60
Алыча	80 – 120
Черешня	80 – 100
Груша	120 – 250
Орех	до 50 (в отдельных случаях 200 - 400)
Гранат	30 – 50
Виноград	2.5 - 5кг с лозы

Примечание: следует умножить этот показатель на рыночную цену 1 кг продукта

Из предложенных двух методов расчетов выбирается тот, которому отдается предпочтение комиссией специалистов – экспертов, исходя из сложившейся на месте обстановки – в зоне бедствия и практической целесообразности.

Оценка ущерба, наносимого оползнем естественным кормовым угодьям ($Y_{ку}$) как сенокосам, так и пастбищам, производится аналогично, по приведенным выше формулам с использованием данных таблицы.

Расчет ущерба, наносимого оползнем вспомогательным строениям ($Y_{вс}$), подъездным дорогам, тропам и т.д., производится по расчетным формулам Методики §2.

Оценка затрат на необходимое проведение рекультивации земель.

Использовать четкую (корректную) величину затрат не представляется возможным, ибо она (величина) различна и получается в результате проектных и сметных расчетов для рекультивируемых земель по каждой области (марзу) республики отдельно. Министерство сельского хозяйства РА отмеченными данными на сегодняшний день не располагает.

Данный расчетный показатель определяется на месте, экспертным путем, для каждого из рассматриваемых случаев.

Пример проведения расчетов по "Методике определения ущерба при оползнях сельскохозяйственным угодьям".

Исходная информация:

В Котайкской области РА оползневой массой накрыло: участок неорошаемой пахотной земли площадью в 5 Га; вишневый сад, повредив 20 плодоносных деревьев; ближний сенокос площадью – 2 Га.

Расчет ущерба производится в следующей последовательности по формуле:

$$Y_{cy} = Y_{п} + Y_{мн} + Y_{ку},$$

определяем значение $Y_{п}$ – ущерба нанесенного неорошаемой пахотной земле по формуле (7.2.)

$$Y_{п} = S_{п} \times П_{сн} \times К,$$

где $S_{п} = 5$ Га (площадь),

$П_{сн} = 22.5$ тыс. драм (средняя чистая прибыль с 1 Га неорошаемой пахотной земли Котайкской области, по данным таблицы ..),

$К = 25$ (стоимостной коэффициент),

$$\text{тогда } Y_{п} = 5 \times 22.5 \times 25 = 2812.5 \text{ тыс. драм.}$$

определяем значение $У_{мн}$ – ущерба, нанесенного многолетним насаждениям по формуле (7.5.)

$$У_{мн} = Ч_{в} \times П_{пл} \times С_{р},$$

где $Ч_{в} = 20$ (число поврежденных вишневых деревьев),

$П_{пл} = 10$ кг (средняя плодоносность вишневого дерева, по данным таблицы 60),

$С_{р} = 350$ драм (рыночная стоимость 1 кг вишни),

$$\text{тогда } У_{мн} = 20 \times 10 \times 350 = 70.0 \text{ тыс. драм.}$$

определяем значение $У_{ку}$ – ущерба, нанесенного кормовым угодьям–сенокосу по формуле (7.2)

$$У_{ку} = S_c \times П_{сп} \times К,$$

где $S_c = 2$ Га (площадь сенокоса),

$П_{сп} = 23.6$ тыс. драм (средняя чистая прибыль с 1 Га близлежащего к деревне сенокоса Котайкского марза, по данным таблицы 7.1.),

$К = 25$ (стоимостной коэффициент),

$$\text{тогда } У_{ку} = 2 \times 23.6 \times 25 = 1180.0 \text{ тыс. др.}$$

Таким образом, ущерб, нанесенный оползнем сельхозугодьям, составит :

$$У_{cy} = 2812.5 + 70.0 + 1180.0 = 4062.5 \text{ тыс. драм.}$$

§ 8. Методика организации движения транспорта на дорогах при оползнях

Для снижения ущерба и потерь в оползневой зоне на дороге особое внимание необходимо уделять организации движения транспорта в местах производства ремонтных работ. Практически при организации ремонтных работ на поврежденных или заваленных оползневым грунтом участках дороги может возникнуть необходимость составления индивидуальной схемы организации движения.

В случае проведения работ на половине ширины проезжей части, когда оставшаяся половина используется для попеременного пропуска транспортных средств в различных направлениях, интенсивность движения следует назначать в соответствии с протяженностью ремонтируемого участка (при 40 % легковых автомобилей в потоке), таблица 61

Таблица 61.

Интенсивность движения транспорта на дорогах в соответствии с протяженностью ремонтируемого участка (Васильев, 1989).

Протяженность ремонтируемого участка, (м)	350	150	80	50	30
Интенсивность движения, (автомашин / час)	100	200	300	400	500

Если обстановка требует проведения работ на участке длиной более указанной, необходимо вводить принудительное регулирование движения транспорта.

Отметим, что лимитирующими и затрудняющими пропускную способность дороги будут места со стесненным движением (пересечение в одном уровне, уклоны, населенные пункты, зоны стоянок и т.д.), поэтому в первую очередь при ремонтных работах дороги следует повышать пропускную способность этих участков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ фактического материала показывает, что на территории Армении отмечается большое разнообразие оползней как по размерам, так и по происхождению и степени активности. Среди оползней природного происхождения выделяются сейсмогенные (образуются при землетрясениях и криповых подвижках бортов активных разломов) и оползни, связанные с иными причинами (переувлажнение склонов при обильных осадках, выходах родников, подмыв склона рекой и т.п.). Сейсмогенные оползни характеризуются небольшой амплитудой вертикального смещения при значительных горизонтальных подвижках. Среди них выделяются оползни-блоки (приурочены к наиболее активным сейсмогенным зонам, где отмечаются схождения тектонических нарушений и формирование дизъюнктивных узлов) и оползни-потоки (они больше тяготеют к участкам гидротермально измененных пород и многочисленных разрывных нарушений с дроблением и смятием пород; здесь породы находятся в сильно ослабленном состоянии, меняются их физико-механические свойства и при сильных землетрясениях они как бы разжижаются и начинают „течь”, формируя длинные, вытянутые до 5-8км оползневые тела-потоки).

Большое значение в формировании оползней в Армении имеет хозяйственная деятельность человека, приводящая к нарушению устойчивости пород на склонах. Наглядным примером является Агарцинский оползень, уничтоживший железную дорогу, обходную автодорогу и причинивший огромный ущерб сельским строениям, расположенным в непосредственной близости от русла на левом берегу р. Агстев.

Большие территории республики находятся под воздействием оползневых процессов, при этом наибольшая подверженность этим опасным процессом приходится на Вайоц Дзор, Арарат и Тавуш. Имеется 131 оползневой участок, требующий незамедлительных мер по укреплению оползней и защите хозяйственных объектов от их разрушающего действия.

В настоящее время насущной проблемой является выработка эффективных мер по уменьшению оползневой опасности и укреплению склонов. Одновременно важной научной и практической задачей является организация стационарных наблюдений на характерных оползневых участках с применением высокоточных GPS, геофизических и буровых работ.

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Աշխատանքը, որը կատարված է Երևանի պետական համալսարանի, ՀՀ Գիտությունների ազգային ակադեմիայի Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի, ՀՀ ԱԻՆ Հայաստանի փրկարարական ծառայության մասնագետների կողմից: Այն իրենից ներկայացնում է հեղինակների և նրանց գործընկերների երկարատև հետազոտությունների հիման վրա գրված առաջին ամփոփ մենագրությունը՝ նվիրված ՀՀ սողանքներին: Մանրամասն դիտարկված են հանրապետությունում սողանքների ուսումնասիրության հարցերը, դրանց առաջացման, ձևավորման պայմանները և պատճառները, սողանքների տարատեսակները ըստ իրենց չափերի, ձևերի, տեղաշարժման մեխանիզմի, ծագման, ձևավորման ժամանակի, ակտիվության աստիճանի և տեղաշարժված ապարների կազմի: Տրվում են սողանքների աշխարհագրական տարածումը ըստ Սևանա լճի և խոշոր գետերի ավազանների (Աղստև, Գետիկ, Փամբակ, Դեբեդ, Հրազդան, Արփա, Ազատ, Վեդի, Որոտան, Ախուրյան, Ողջի), դրանց առանձնահատկությունները՝ ֆիզիկամեխանիկական հատկանիշները և սողանքային մարմինների քիմիական կազմը, սողանքների ազդեցությունը բնակավայրերի և այլ ինժեներական կառույցների վրա: Առանձին գլուխ նվիրված է երկրաֆիզիկական մեթոդներով ՀՀ սողանքների ուսումնասիրմանը: GIS տեխնոլոգիաներով մոդելավորման հիման դիտարկված են սողանքային վտանգի և ռիսկի, լանջերի կայունության հարցերը: Մանրամասն նկարագրվում են սողանքային երևույթներից հանրապետության տնտեսական օբյեկտների և տարածքների ինժեներային պաշտպանության մեթոդները, և տված է սողանքներից հասցրած վնասի գնահատման մեթոդիկան:

Մենագրությունը կհետաքրքրի նախագծողներին, շինարարներին, մարզերի ղեկավարներին, Բնապահպանության նախարարության, ՀՀ փրկարարական ծառայության աշխատակիցներին, երկրաբանաաշխարհագրական, շինարարական, ճարտարագիտական, էկոլոգիական և այլ ԲՈՒՀ-երի ուսանողներին, ասպիրանտներին և դասախոսներին, ինչպես նաև ընթերցողների լայն շրջանակներին:

Summary

The work is the first report on landslides of Armenia prepared by the specialists of Yerevan State University, Institute of Geological Sciences of Academy of National Sciences of the Republic of Armenia, Armenian Rescue Service of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Armenia on the basis of long-term researches of the authors and their colleagues. The issues of research of landslides have been examined in detail in the republic: conditions and reasons of their formation, sorts of landslides, form, plan, mechanism of displacement, time of formation, origin, the measure of activity and composition of mixed rocks, their geological distribution to the great rivers basins (Aghstev, Getik, Pambak and Debed, Hrazdan, Arpa, Azat and Vedi, Vorotan, Akhuryan, Vokhchi and etc) and Lake Sevan and their particularities: physical-mechanical character and chemical composition of landslide formation, the pressure of landslides on the populated areas and different constructions. A separate paragraph is devoted to the geophysical methods of research of landslides with many examples of landslide zones of Armenia. Landslide hazards and risks, stability of slopes have been examined using the model of GIS-technologies. The methods of engineering protection of territories and economical objects of the Republic from landslide phenomena are described in detail and the methods of damages estimation of landslides are presented.

The monograph will be interesting for the projectors, engineers, heads of regions, employees of the Ministry of Nature Protection, Armenian Rescue Service, students, candidates and lecturers of geological-geographical institutes as well as broad sections of the readers.

ЛИТЕРАТУРА

- Авакян А.А., Бойнагрян В.Р., Ядоян Р.Б., Степанян В.Э. Геоинформационная система оползневых процессов на территории Армении // Конверсионный потенциал Армении и программы МНТЦ / Тез. докл. междунар. семинара. Ереван, 2000, с. 180.
- Авакян А.А., Мовсесян В.Р. и др. Оценка природно-техногенных опасностей с использованием ГИС на примере территории Ачапнякской общины г.Еревана. МАТТ ООН, Ереван: Архив УЧС РА, 2001.
- Авакян А.А., Степанян В.Э., Бойнагрян В.Р., Заргарян В.Р. и др. Развитие экзогенных процессов на территории Еревана. Районирование по степени опасности с использованием ГИС-технологий. Программа А-471-IV. Ереван: Министерство градостроительства РА, 1997.
- Аветисян В.А., Апанян А.Л., Григорян А.С., Дегерян Г.Р., Саргсян Э.О., Григорян М.А., Бабалян Т.О., Саргсян Р.П., Манукян Ш.Г. Инженерно-геологические условия ущелья р.Вохчи. Т.1. Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1971.
- Авчян Г.М., Матвеевко А.А., Стефанкевич З.Б. Петрофизика осадочных пород в глубинных условиях. М.: Недра, 1979. 224 с.
- Агаларян Э.М., Караханян А.С., Степанян В.Э. Аэрокосмический метод – составляющая прогнозной оценки опасности влияния разломной тектоники при контроле состояния сооружений в сейсмических районах // Сб. науч. трудов Академии граждан. защиты. Новогорск: Изд-во МЧС России. 2000, вып. 12, с. 170-176.
- Аджимамудов Э.Б., Варданян В.П., Григорян М.А., Сардарян А.С. Электроразведочные исследования на одном из оползневых участков в Дилижанском районе Армянской ССР // Ученые записки ЕГУ. Естеств. науки, 1985, №2, с. 127-131.
- Аджимамудов Э.Б., Григорян М.А., Хачатрян Д.А. Возможности электроразведки при изучении оползневых явлений в карьерах // Ученые записки ЕГУ. Естеств. науки, Ереван, 1984, № 2, с.122-127.
- Азарян С.Н. Влияние интенсификации сейсмологической обстановки на активизацию опасных природных процессов в аспекте их воздействия на транспортные коммуникации Армении // Вестник МАНЭБ, 1999, №5(17).
- Азарян С.Н., Колозян Г.Г., Степанян В.Э., Хачатрян Д.А., Ядоян Р.Б. Оценка активизации Гехадирского оползневого участка, его возможного воздействия на территории захоронения ядохимикатов посредством геофизических методов // Материалы конференции, посвященной 70-летию географического факультета. Ереван, 2005, с.40-41.
- Азарян С.Н., Колозян Г.Г., Степанян В.Э., Хачатрян Д.А., Ядоян Р.Б. Применение геолого-геофизических методов при решении задач экологического характера на оползневом участке Армении // Материалы III-го Центрально-Азиатского геотехнического симпозиума. Душанбе, 2005а, с. 353-356.
- Аракелян А.П. Механизм оползней Приереванского района, связанных с соляной тектоникой (Арзни). Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1971.
- Аракелян Д.Г., Ядоян Р.Б. Рекомендации о проведении мероприятий по инженерной защите территории г. Дилижана // Матер. I-й Республ. Молодежной конференции «Будущее экологической науки в Армении».Ереван: Изд-во ЕГУ, 2000, с. 106-110.
- Аракелян Д.Г., Ядоян Р.Б. Новый метод моделирования оползневого процесса в среде ArcGIS 9.2 // Современные проблемы геологии и географии / Сб. трудов конф., 27-29 окт. 2008. Ереван: Изд-во ЕГУ, 2008, с. 130-137.

- Аракелян Д.Г., Ядоян Р.Б., Степанян В.Э. К вопросу об экзогенных процессах на территории Тавушской области Республики Армения//Вестник МАНЭБ, 2005, том 10, №5, вып.2, с. 15-20.
- Арутюнян Р.Н., Дургарян К.О., Степанян В.Э. Пособие по оценке геодинамических природных процессов, обосновывающих разработку мероприятий инженерной защиты территорий. Ереван: Фонды Министерства Градостроительства РА, АрмНИИСС и СЗ, 1999.
- Асланян А.Т. Региональная геология Армении. Ереван: Айпетрат, 1958. 430с.
- Асланян А.Т. Крупные олистостромы плиоплейстоценового возраста в долине р.Агстев (АрмССР) // Изв. АН АрмССР, Науки о Земле. 1979, №1, с. 24-32.
- Атлас сельского хозяйства Армянской ССР. М-Ереван: ГУГК, 1984. 189с.
- Безрук В.М. Методы укрепления грунтов в дорожном строительстве США. М.: Изд-во "Оргэнергострой", 1961.
- Бойнагрян В.Р. Оползневые (блоковые) нарушения склонов бассейна р.Агстев (АрмССР) и некоторые вопросы их изучения // Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1988, N1, с. 30-37.
- Бойнагрян В.Р. Высотная поясность склоновых процессов в горах Армянского нагорья и некоторые особенности развития их склонов // Геоморфология, 1990, N4, с. 49-57.
- Бойнагрян В.Р. Оползни Армении (их распространение, условия и причины образования, разновидности) // Ученые записки ЕГУ. Естеств. науки, 2005, №1, с. 3-17.
- Бойнагрян В.Р. Склоны и склоновые процессы Армянского нагорья. Ереван: Изд-во ЕГУ, 2007. 279с.
- Бойнагрян В.Р., Бойнагрян Т.Г. Роль рыхлых образований склонов участка среднего течения р.Агстев в формировании оползней // Ученые записки ЕГУ. Естеств. науки, 1984, N1, с. 134-138.
- Бойнагрян В.Р., Бойнагрян Т.Г. Геохимическая характеристика и генезис рыхлых образований бассейна р.Агстев (АрмССР, Малый Кавказ) // Литология и полезные ископаемые, 1989, N4, с. 117-122.
- Бойнагрян В.Р., Бойнагрян Т.Г., Гаспарян А.А., Мхитарян М.А. Механический состав склоновых рыхлых отложений бассейна среднего течения р.Агстев как показатель их предрасположенности к оползанию // Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, N6, с. 51-54.
- Бойнагрян В.Р., Гаспарян А.А., Зограбян Л.Н., Ядоян Р.Б. Развитие оползней в тектонически активной Дилижанской котловине (Малый Кавказ, АрмССР) и их картографирование для прикладных целей // Развитие склонов тектонически активных областей.../ Тез. докл. Всесоюз. конф., Ереван. 1990, с. 56-57.
- Варданян А.Х., Казанчян А.А., Хачатрян К.З. Комплексная схема защиты территории Арташатского района от экзогенно-геологических и других негативных процессов, М1:25000. 11-3-79. Ереван: Госархив 25280, 1992.
- Варданян В.П., Прошян А.С., Хачатрян Д.А. Особенности строения оползневого участка Фиолетово в Дилижанском районе Армянской ССР // Ученые записки ЕГУ, Естеств. науки, 1990, No 1(172), с. 133-139.
- Варламов Н. М. Изучение оползневых процессов с помощью параметров анизотропии электрического сопротивления. ЭИ ОЦНТИ ВИЭМС. Сер. Региональная. Разведочная и промысловая геофизика. М., 1978, с.1-11.
- Варис Д.Д. Движения склонов, типы и процессы // Оползни. Исследование и укрепление. М., 1981, с. 32-85.
- Васильев А.П. Ремонт и содержание автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1989.

- Вахба Саид Абель Хей. Влияние искусственных структурообразований на механические и водные свойства грунтов горных склонов. Автореф. дисс... канд. техн. наук. М.: МГУ, 1981. 20с.
- Войсберг К., Ярошек А. Оценка оползневой опасности и транспортных коммуникаций северных регионов Армении. Веки. Прага: Архив Дирекции Минавтодора РА (в трех томах), 1999.
- Восканян А.Е., Степанян В.Э., Дургарян К.О., Багдасарян С.С., Тоноян А.М. Оценка оползневой опасности по трассам коммуникаций республики. ТО «Арминжпроект», Ереван: Архив дирекции Минавтодора, 1996.
- Восканян А.Е., Степанян В.Э., Дургарян К.О., Гиновян В.А. Заключение по результатам обследования зон транспортных коммуникаций, подверженных влиянию опасных геологических процессов в приграничных территориях Армении и Грузии. 1 этап, №8-99. Ереван: Фонды "Арминжпроект", 1999. 49с.
- Восканян А.Е., Степанян В.Э., Дургарян Х.О., Камалян Р.М., Тоноян А.М., Орбелян Э.С. Изыскания и исследования оползневого участка Дома творчества кинематографистов с целью разработки мероприятий инженерной защиты по предотвращению дальнейшей активизации процесса. Ереван: "Армгоскомархитектура", 2002.
- Восканян А.Е., Степанян В.Э., Дургарян К.О., Тоноян А.М., Камалян Р.М. Детальная схема и проект разработки мероприятий инженерной защиты территории г.Дилижана от ОГП (Обоснование Генерального плана). Ереван: "Армгоскомархитектура", 1995.
- Восканян А.Е., Степанян В.Э., Камалян Р.М., Багдасарян С.С., Кузикаян Б.К., Ядоян Р.Б., Мкртчян Г.А., Аракелян Д.Г. Детальные комплексные изыскания и исследования оползневых явлений на участке склона у с.Агарцин с разработкой проекта инженерной защиты по стабилизации оползневых процессов. Ереван: Архив Госкомархитектуры, 1993.
- Галстян Р.Р., Заргарян В.О., Саркисян А.П. Результаты инженерно-геологических исследований, проведенных на Ахкилинском оползневом склоне (отчет по работам 1972г.). Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1972.
- Гаспарян Р.К. Комплексные геофизические исследования оползневого склона в районе Джаджурского перевала // Сборник трудов отделения "Науки о Земле" НАН РА. Ереван, 2002, с.116-119.
- Генеральная схема защиты сельских населенных пунктов, предприятий, зданий, сооружений и земельных угодий от оползней, обвалов, снежных лавин и селевых потоков на территории Армянской ССР до 2000 года. Ереван: Армгипрозем, 1986. 359с.
- Геофизические методы исследований при изучении инженерно-геологических условий оползневых районов полосы железнодорожной линии Иджеван-Раздан (в долине р.Агстев). Ереван, ЕГУ, 1984. 103с.
- Гинзбург Л.К. Рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневого давления. Москва: Центральное бюро научно-технической информации. 1986.
- Гиновян В.А., Оганесян М.А., Ованесян Л.Р. Материалы изысканий и исследований оползнеопасного склона в окрестностях г.Цахкадзор для обоснования строительного освоения территории. Ереван, 2005.
- Горяинов Н.Н. Сейсморазведка при инженерно-геологических исследованиях рыхлых пород (методические рекомендации). М.: ВСЕГИНГЕО, 1971 . 87 с.
- Горяинов Н.Н. Сейсмоакустические методы при инженерно-геологических исследованиях рыхлых пород (методические рекомендации). М.: ВСЕГИНГЕО, 1977. 79 с.

- Горяинов Н.Н., Ляховицкий Ф.М. Сейсмические методы в инженерной геологии. М.: Недра, 1979. 143 с.
- Горяинов Н.Н., Боголюбов А.Н., Варламов Н.М. и др. Изучение оползней геофизическими методами. М.: Недра, 1987. 156 с.
- Григорян М.А. Применение сейсморазведки для определения поверхности скольжения и состояния оползневого тела. // Известия АН Арм.ССР. Науки о Земле, 1972. №4, с. 86-90.
- Григорян М.А. Исследование оползней на естественных склонах геофизическими методами (на примере оползневых участков Армении). Автореф. дисс... канд. г-м. наук, Ереван, 1973. 20с.
- Григорян С.С. Моделирование и прогноз динамики оползневого процесса. *Заключительный отчет №3685*. М.: Московский Институт Механики им. М.В.Ломоносова, 1988, с. 51-57.
- Григорян С.С., Гулакян К.А., Остроумов В.А. Теоретические исследования механизмов оползневых процессов в горно-складчатых областях (на примере Дилижанского района АрмССР) для разработки методик прогноза. М.: Фонды Ин-та механики, 1981. 64с.
- Григорян С.С., Гулакян К.А., Пилипенко В.Н., Шахназаров А.А., Ядоян Р.Б. Способ создания противодиффузионной завесы. Авторское свидетельство №1317059 ГК СССР по делам изобретений и открытий. М., 1987.
- Гулакян К.А. Прогноз развития оползневого процесса. Автореф. дисс... докт. г-м. наук. М.: МГУ, 1987. 40с.
- Гулакян К.А., Бондаренко А.А., Копылова А.Ф. Прогнозирование стадий оползневого процесса // Вопросы инженерной геодинамики. М.: ВСЕГИНГЕО, 1976, вып. 106, с. 19-23.
- Гулакян К.А., Кюнтцель В.В., Постоев Г.П. Прогнозирование оползневых процессов. М.: Недра, 1977.
- Гулакян К.А., Кюнтцель В.В., Постоев Г.П., Хоситашвили Г.Р. К методике составления карт прогнозов экзогенных геологических процессов // Тр. I-й Всесоюз. конф. по инж. геологии. Тбилиси, 1978, т.2, ч.1.
- Гюрджян Ю.Г. Управление и организация экономики к функционированию в экстремальных условиях. НИИЭП Министерства экономики РА. Ереван, 1992.
- Джрбашян Р.Т., Арзуманян В.А., Степанян В.Э., Авакян А.А., Караханян А.С., Месчян С.Р. Программа исследований экзогенных геологических процессов на территории Армении. Т.1. Оползневые процессы. Фонды Министерства Градостроительства РА. Ереван, 1998.
- Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983. 272с.
- Достоверность и оправдываемость долговременных прогнозов. М.: Недра, 1984.
- Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. М.: Недра, 1972. 310с.
- Заргарян В.О. Составление инженерно-геологической карты масштаба 1:200000 территории Республики Армения с врезками масштаба 1:50000 по наиболее техногенно-нагруженным территориям (Алаверди, Раздан, Капан). Отчет о результатах работ, выполненных в 1990-1995гг. Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1995.
- Заргарян В.О., Манукян Г.Е., Агаджанян С.А., Оганесян А.С. Сводный отчет о результатах работ оползневой станции за 1967-75гг. Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1976.

- Заргарян В.О., Манукян Г.Е., Сапонджян З.А. Инженерно-геологические исследования оползневого участка с.Мартуни (отчет по работам 1969г.). Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1969.
- Заргарян В.О., Манукян Г.Е., Сапонджян З.А. Инженерно-геологические исследования оползневого участка с.Ахкихлу (отчет по работам 1969г.). Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1969.
- Зограбян Л.Н., Саакян Г.Д., Караханян А.С. Карта оползней территории Армянской ССР в масштабе 1:200000 на основе дешифрирования аэровысотных съемок и геоморфологических наблюдений (объяснительная записка к карте). Ереван: ИГН АН АрмССР, 1981. 36с.
- Золотарев Г.С. Инженерная геодинамика. М.: Изд-во МГУ, 1983.
- Иванников В.П., Клюс П.П. Справочник руководителя тушения пожара. М.: Стройиздат, 1987.
- Изучение режима оползневых процессов. ВСЕГИНГЕО, М.: Недра, 1982., 255 с.
- Инструкция по проектированию защиты от оползней населенных пунктов, зданий и сооружений. М.: Минжилкоммунхоз РСФСР, 1976.
- Исследование по управлению оползневыми бедствиями на территории Республики Армения. Март 2004-январь 2006. Второе заседание комитета по поддержке, 7 сентября 2004г. Исследовательская группа ЯАМС.
- Казанчян А.А. Некоторые закономерности распространения и развития экзогенно-геологических процессов на территории Армянской ССР // Инженерная геология. 1989, №1, с. 66-72.
- Казанчян А.А., Айрапетян Т.А., Бальян А.С. Карта "Почвообразующие породы" // Атлас сельского хозяйства Армянской ССР. М. -Ереван, 1984, с. 57.
- Калинин Э.В. Инженерно-геологические расчеты и моделирование. ISBN: 5-211-04961-6. М.: МГУ, 2006. 256с.
- Караханян А.С. Программа работ "Изучение, оценка опасности, риска и защита от опасных экзогенно-гравитационных процессов на территории Республики Армения". Ереван: Фонды Спасательной службы РА. 2004.
- Караханян А.С. Выделение крупных оползней, сорванных и гравитационно сползших блоков пород при дешифрировании космических снимков // Изв. вузов. Геол. и разведка. 1981, №3, с. 130-131.
- Караханян А., Авагян А., Аванесян М., Багдасарян А. Хосровские оползни: активизация 2007 года. Ереван: Фонды ИГН НАН РА, 2007. 14с.
- Караханян А.С., Багдасарян А.Р. Аракелян С.Р., Антонян С.М., Аслаян Р.А. . Оползни: опасность и риск. Ереван, НИК «Геориск», 1998.
- Караханян А.С., Багдасарян А.Р. и др. Оползни: опасность и риск. Географическая информационная система по оценке опасности и риска от оползней в Республике Армения. ИПДР, НИК «Геориск». Ереван, 2000.
- Кожевников А.В. Солифлюкционно-дефлюкционные склоны и палеогеография перигляциальных зон равнинных и горных оледенений // Проблемы изуч. четвертич. периода. М., 1972, с. 441-454.
- Кожевников А.В. Антропоген гор и предгорий (генетический анализ). М.: Недра. 1985. 181с.
- Кожевников А.В., Бабасев А.Г. Четвертичные отложения района строительства Сарсангской ГЭС на р.Тертер (Малый Кавказ) // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 1975, №4, с. 101-104.
- Корбун А., Спенс Д., Помонис А. Оценка риска и уязвимости//Проблемы управления катастрофами. (2-е издание), 1994.

- Кузикян Б.К., Закеян В.В. Исследование оползневых явлений в центральной части г.Дилиджана. Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1971.
- Кук Аллан. Полимер борется с пустыней // Природа и человек, 1984, №3.
- Кутепов В.Н., Шeko А.И. Опасности, обусловленные склоновыми гравитационными процессами // Экзогенные геологические опасности. Российская академия наук. М.: Изд-во "КРУК", 2001.
- Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: Недра, 1977. 479с.
- Лукашев В.К., Астапова С.Д. Геохимические особенности моренного литогенеза. Минск: Наука и техника, 1971. 194с.
- Ляховицкий Ф. М., Хмелевской В.К., Яценко З.Г. Инженерная геофизика. М.: Недра, 1989. 252 с.
- Малышев М.В., Болдырев Г.Г. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах). Учебное пособие. М: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. 320с.
- Манукян Г.Е. Отчет по инженерно-геологическим исследованиям оползневого участка с.Караундж Горисского района Армянской ССР (за 1976г.). Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1976.
- Манукян Г.Е. Отчет по инженерно-геологическим исследованиям оползневых участков сс. Чива, Гетап и пос.Ехегнадзор Ехегнадзорского района АрмССР за 1977г. Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1977.
- Манукян Г.Е., Багиян С.М. Отчет по инженерно-геологическим исследованиям оползневого участка с.Горс Ехегнадзорского района Армянской ССР за 1977-79гг. Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1979.
- Манукян Г.Е., Заргарян В.О. Инженерно-геологические исследования оползневого участка с.Мовсес Шамшадинского района Армянской ССР (отчет по работам 1971г.). Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1971.
- Манукян Г.Е., Оганесян А.С. Отчет по инженерно-геологическим исследованиям оползневого участка "Орбатех" Ехегнадзорского района. Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1975.
- Маслов Н.Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1955. 468с.
- Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М.: Высшая школа, 1982. 511с.
- Межгосударственная программа совместных научных исследований организаций государств-участников Содружества Независимых Государств по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на период до 2010 года. Ереван, 2006.
- Месчян С.Р. Начальная и длительная прочность глинистых грунтов. М.: Недра, 1978. 207с.
- Месчян С.Р. Проблемы устойчивости склонов и откосов сооружений из грунтовых материалов в связи с оползневой опасностью. Ереван: Институт Механики НАН РА, 1997.
- Месчян С.Р. Экспериментальная реология глинистых грунтов. Ереван: Изд-во "Гитутюн" НАН РА, 2005. 498с.
- Миросян А.А., Мовсесян В.Р., Мелконян В.А., Тер-Овсепян Л.Г. Отчет о результатах работ по инженерно-геологическим и гидрологическим исследованиям оползневого участка пос.Берд Шамшадинского района АрмССР за период 1984-85гг. Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1985.
- Мусеибов М.А. Некоторые особенности геоморфологии межгорных впадин геосинклинальных областей (на примере Куринской впадины) // Учен. записки Азерб. ун-та. Серия геол.-геогр. наук. 1964, N2, с. 71-72.

- Мусеилов М.А. Четвертичная история развития рельефа средней части Куринской впадины // Учен. записки Азерб. ун-та. Серия геол.-геогр. наук. 1964а, N3, с. 57-51.
- Научно-методическая и информационная программа защиты территории Республики Армения от геологических экзогенных процессов. Ереван: Фонды УЧС, 1998. 199с.
- Научно-методическое и информационное обеспечение целевой программы защиты территории РА от экзогенных процессов. Часть I. Оползневые процессы. Ереван: АОЗТ "АрмНИИССиЗС", 1998.
- Оганесян А.С., Заргарян В.О. Ежегодник оползневой станции за 1976г. Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1977.
- Огильви А.А. Основы инженерной геофизики. М., "Недра", 1990. 501с.
- Отчет об исследовании инженерно-геологических условий оползневого участка Одзун (Туманянский район). Ереван: Фонды "Арминжпроект", 1993.
- Отчет об исследовании инженерно-геологических и сейсмических условий территории с.Вохчаберд. Кн. 1. Пояснительная записка. Ереван: Фонды "Арминжпроект", 1992.
- Отчет по геодезическим работам на объекте "Инженерная защита территории Дома Творчества СК СССР в г.Дилижане от опасных физико-геологических процессов". Ереван: Фонды "Арминжпроект", 1989.
- Попов И.В. Инженерная геология. М.: Изд-во МГУ, 1959. 510с.
- Правила технической эксплуатации сооружений инженерной защиты территорий. М.: Гидрокоммунстрой Минжилкоммухоза РСФСР, 1988.
- Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития оползней. М.: ПНИИС, 1969. 98 с.
- Рекомендации по применению сейсмической разведки для изучения физико-механических свойств рыхлых грунтов в естественном залегании для строительных целей. М.: Госстрой РСФСР, Росглавнистройпроект, 1974. 141 с.
- Рогозин А.Л. и др. Опыт оценки природных рисков для обоснования схемы инженерной защиты г. Грозного. М.: ПНИИС, 1997.
- Саакян Г.Д. Отчет по инженерно-геологическим условиям с.Ринд Ехегнадзорского района и с.Мартирос. Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1964.
- Саакян Г.Д. Кадастр оползней и селей, развитых на территории Армянской ССР на 1.01.1972г. Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1972.
- Саакян А.Г. Сейсмогенно-гравитационные оползни и обвалы в северной части Армянской ССР // Развитие склонов тектон. актив. ороген. областей и методы их изуч. / Тез. докл. Всесоюз. конфер., Ереван: Изд-во ЕГУ, 1990, с. 58-59.
- Саакян А.Г. Стадийность развития Вургунского оползневого массива (бассейн р.Агстев АрмССР) // Изв. АН АрмССР. Науки о Земле. 1989, N1, с. 62-66.
- Саркисян А.С., Акопян С.Д., Мовсесян Д.П. Противооползневые мероприятия на оползневом склоне Мец-Тала в районе г.Дилижан. Отчет об инженерно-геологических исследованиях. Ереван: Фонды "Гидропроекта" им.Жука, 1976. 165с.
- Саркисян Р.П., Шахгельдян Э.Г., Карапетян М.М., Паносян С.Б. Инженерно-геологические условия оползневого участка "Тахта" г.Дилижана (отчет за 1975-76гг.). Ереван: Фонды Управления геологии РА, 1976.
- Снижение уязвимости линий и объектов жизнеобеспечения территории РА, подвергшихся катастрофам. Ереван: Фонды УЧС РА, 2003. 124с.
- СНиП 2.1.15-90. "Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования". М.: Госстрой СССР, 1991.

- СниП “Нагрузки и воздействия”. Министерство Градостроительства РА, АрмНИИСС и ЗС. Ереван, 1998.
- Справочник геофизика. Электроразведка, т.1, М., 1989.
- Справочник инженера-дорожника. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1968.
- Степанян В.Э., Агаронян А.А., Оганезов Ю.А., Аствацатурян Л.В., Дандурова Е.М. Применение полимеров повышает прочность, устойчивость и водонепроницаемость грунтов // Гидротехника и мелиорация, 1972, №12.
- Степанян В.Э., Аствацатурян Л.В. Временные технические указания по упрочнению слабых глинистых грунтов мочевино-формальдегидными смолами и созданию грунто-полимерных экранов “УБИ”/71. Ереван: Армгипроводхоз, 1971.
- Степанян В.Э., Бойнагрян В.Р., Габриелян В.В., Снгрян Э.Э., Гюрджян Ю.Г., Алавердян Г.З. К вопросу математического обоснования прогноза активизации оползней в глинистых отложениях Армении (на примере территории города Ванадзор Лорийской области РА) // Прикладные вопросы геогр. и геол. горных обл. ... / Материалы конфер. Ереван: Изд-во ЕГУ, 2007, с. 95-102.
- Степанян В.Э., Бойнагрян В.Р., Ядоян Р.Б., Тоноян А.М., Гюрджян Ю.Г., Снгрян Э.Э., Хачатрян Д.А. Программа комплексной оценки оползневой опасности и реализации ИЗТ на территории возведения оздоровительного комплекса в Цахкадзоре. Ереван, 2007.
- Степанян В.Э., Габриелян В.В., Гюрджян Ю.Г., Снгрян Э.Э., Хачатрян Д.А. Прогноз опасного развития техно-природных процессов в районе восстанавливаемой плотины водохранилища «Мармарик» в Котайкской области РА. //Вестник МАНЭБ, 2007, т.12 №4, вып. 2.
- Степанян В.Э., Габриелян В.В., Снгрян Э.Э. Основные положения методики количественной оценки, мониторинга и комплексного прогноза устойчивости склонов. Ереван: «Феникс», 2008.
- Степанян В.Э., Гюрджян Ю.Г., Агаларян Э.М., Азарян С.Н., Каралетян Л.А. Количественная эколого-экономическая оценка опасностей от воздействия природных процессов на окружающую среду // Вестник МАНЭБ, 2004, №7 (31).
- Степанян В.Э., Гюрджян Ю.В., Середа М.Н. Концептуальные подходы к процессам управления рисками от проявления опасных природных обвально-оползневых процессов // Труды III Центрально-Азиатского Международного Симпозиума. Том 2, Душанбе, 2005.
- Степанян В.Э., Гюрджян Ю.Г., Хачатрян Д.А. Опыт реализации комплексных методов оценки напряженно-деформационного состояния породных массивов и крепления при проведении туннельных выработок в Армении // Вестник МАНЭБ, 2005, т.10, №6, с 32-40.
- Степанян В.Э. Манукян Л.А., Азарян С.Н. Прогноз изменений геологической среды под влиянием техногенных воздействий//Вестник МАНЭБ, 2001, №6 (42), вып. 2.
- Степанян В.Э., Николаева И.Н. Методологическая база системы мониторинга ЧС – механизм устойчивого развития // Вестник МАНЭБ, 2003, т.2, №6.
- Степанян В.Э., Оганесян М.А., Дургарян К.О. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям по объекту разработки противооползневых мероприятий на 69 км ж/д линии Иджеван-Раздан. Ереван: Арминжпроект, 1994.

- Степанян В.Э., Симомян А.А., Санагян А.А., Арутюнов В.А. Совершенствование технологии тоннелестроения в измененных скальных породах // Транспортное строительство, 1986, №6.
- Степанян В.Э., Хачатрян Д.А., Геворгян О.Г., Арутюнян А.Ю. Методология комплексирования геофизических исследований в системе инженерно-геологического мониторинга // Вестник МАНЭБ, 2004, Т.9, No 8, с.30-36.
- Страхов И.М. Основы теории литогенеза. М.: Изд-во АН СССР, 1960. Т. 1. 212с.
- Тер-Степанян Г.И. Глубинная ползучесть склонов и методы ее изучения. Автореф. дисс... доктора тех. наук. Ереван, 1955.
- Тер-Степанян Г.И. Новые методы изучения оползней. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1978. 152с.
- Тер-Степанян Г.И. Геодезические методы изучения динамики оползней. М.: Недра, 1979. 157с.
- Тер-Степанян Г.И. Исследования по механизму обрушения склонов // Проблемы геомеханики. Ереван. 1988, N10, с. 92-114.
- Тер-Степанян Г.И. Преимущества и возможность восстановления поврежденных склонов//Environmental Engineering G 20 Science, 1996, vol. II, №1.
- Тер-Степанян Г.И., Саакян Г.Д., Едигарян З.П., Саркисян Д.Б. Исследование интенсивности оползнейспроявления от гидрогеологических условий и разработка мероприятий по инженерной защите ЮЗ зоны г.Дилиджана. НТО ИТП АН АрмССР, Ереван, 1966.
- Трифонов В.Г., Караханян А.С. Геодинамика и история цивилизаций. М.: Наука, 2004. 668с.
- Физический энциклопедический словарь. М.: Советская Энциклопедия, 1983.
- Хачатрян Д.А. Способ геоэлектроразведки. Авторское свидетельство No 972447, 7 июля 1982г. Москва, 1982.
- Хачатрян Д.А., Григорян М.А., Аджимамудов Э.Б. Об электромагнитных свойствах почв и грунтов северного склона горы Арагац // Ученые записки ЕГУ. Естест. науки, 1983, No1 (152), с.131-138.
- Хмельевской В.К. Основной курс электроразведки. М.: Изд-во МГУ, ч.1, 1970. 247 с., ч. II -1971. 272 с.; ч. III -1975. 222 с.
- Цветков В.К. Расчет устойчивости откосов и склонов. Волгоград: Нижне-Волжское книжное изд-во, 1979.
- Целевая программа комплексных исследований проблемы защиты территории Республики Армения от опасных геологических процессов. Ереван: Фонды Арминжпроект, 1997. 47с.
- Чалабов В.Г., Степанян В.Э., Хачатрян Д.А. Экспериментальная оценка влияния водоустойчивости горных пород на их несущую способность и изменчивость прочностных и деформационных свойств // Горный журнал, Москва, 2007, No11, с.25-27.
- Чалый В.Н., Рудько Г.И., Гаврилюк Я.М., Губин Н.Д., Козак П.И. Обоснование схемы инженерной защиты территории Дома Творчества Союза кинематографистов в г.Дилижане. Львов-Ереван: Главное координационно-геологическое управление "Укргеология", 1989.
- Шанцер Е.В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. М.: Наука, 1966. 239с.
- Шахунянц Г.М., Нечаев Б.И., Клевцов У.А., Пашенко Б.В. Опыт борьбы с оползнями на железных дорогах СССР. М.: Трансжелдориздат, 1961. 184с.
- Электрическое зондирование геологической среды. Ч.1, МГУ, 1992, с.200.

- Ядоян Р.Б., Аршакаян Д.Г., Ядоян Б.Р., Тер-Саакян Г.Ж. Об использовании полимерно-минерального порошка “Уйсит” // Материалы конференции, посвященной 90-летию С.П.Бальяна. Ереван: Изд-во ЕРГУ, 2007.
- Ядоян Р.Б., Мкртчян Г.Р., Аракелян Д.Г. Прогноз экзогенных геодинамических процессов территории РА // Основные проблемы географии Южного Кавказа и прилегающих регионов. Ереван, 2005.
- Ядоян Р.Б., Мкртчян Г.Р., Арутюнян С.М., Гаспарян А.А., Ядоян Б.Р. Основные факторы формирования и развития оползней в долине р.Агстев у г.Дилижана // Развитие склонов тектонически активных областей / Тез. докл. Всесоюз. конф., Ереван, 1990, с. 60-61.
- Ядоян Р.Б., Мкртчян Г.Р., Гулакаян А.Р. Мероприятия инженерной защиты территории г.Дилижана от оползнепроявления. Ереван: Фонды ИГН, 1986.
- Ядоян Р.Б., Мкртчян Г.Р., Гулакаян А.Р. Полимерный состав “Уйсит” // Известия ИАН РА. Науки о Земле, 1999, №2-3.
- Ядоян Р.Б., Мкртчян Г.Р., Зограбян Л.Н. Отчет об инженерно-геологических исследованиях по участкам Джухтак-Банк, Парз-лич, Госдача г.Дилижана. Ереван: Фонды ИГН АН АрмССР, 1980. 37с.
- Ядоян Р.Б., Мкртчян Г.Р., Ядоян Б.Р., Арутюнян С.М., Гаспарян А.А. Формирование экзогенно-геологических процессов, методы установления и изучения динамики склона в районе территории Дома творчества союза кинематографистов СССР // Развитие склонов тектонически активных областей... / Тез. докл. Всесоюз. конф., Ереван, 1990а, с. 44-46.
- Մարտիրոսյան Ա.Ս. Հայաստանի Հանրապետության Տավուշի մարզի Բջևան-Հրազդան երթուղու 69-րդ կմ սողանքային տեղամասում 2005թ. Իրականացված հետազոտություններ: ՀԱՇՎԵՏՎՈՒԹՅՈՒՆ. «Գեոոիսկ» գիտահետազոտական ընկերություն. 2005. 75 էջ:
- Սեյսմիկ շինարարության նախագծման նրբեր ՀՀՇՆ II -2.02-2006.
- Accord Psertiel on vert en matiere de prevention ez d'organization des secours contre d'expertise. Strashbourgt, France. 1983.
- Anbalagan D. Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain /Eng. Geol. (Amsterdam). 1992, 32, 269-277.
- Avagyan A., Movsesyan V. GIS of Hazardous exogenous processes on the territory of Armenia // Internat. conf. “GIS in geology”, Extended abstracts. Moscow, 2002, p. 18.
- Bobachev A.A., Modin I.N. Shevnin V.A. - IP2Win. Geoscan, M. Ltd., Moscow, 2001.
- Boynagryan V.R. Large landslides of the Armenian highland as traces of ancient seismic catastrophes and seismic risk assessment of the Armenian highland // SDEF 99 Session Volumes of Abstracts. Session 2. Bergen, Norway, 1999, p. 6.
- Boynagryan V.R., Boynagryan A.V., Boynagryan B.V. Regularities of spreading and forming of landslides in Armenia // Landslides in research, theory and practice, Proceedings of the 8-th International Symposium on Landslides, 26-30 June 2000. Cardiff, UK, Thomas Telford. 2000, p. 163-166.
- Carrara A. GIS technology in mapping of landslide hazard//Geographical information systems in assessing natural hazards. A.Carrara and F.Guzzetti ets., Kluwer Academic, Dordrscht, The Netherlands, 1995, 135-176.
- Dimitri A. Khachatryan, Vilen E. Stepanyan. The geophysical methods investigations by assessment of risk origin–technical gene emergency in area waste disposal chemical dangerous object // Proceedings of the NATO – Advanced Research Workshop “Risk assessment as a basis for elaboration of recommendation for forecast and prevention of catastrophes taking into account local conditions“. 25 – 27 of April 2007. Chisinau, Republic of Moldova. IOS Press, Amsterdam, 2008, c.195-204.

- Dimitri Jachatryan. Influencia de algunos factores en el caracter del campo electrico natural cuando se determinan los lugares de filtration de los embalses, estanques y rios // Rev. Voluntad Hidraulica, No 69, 1985, La Habana, Cuba. P. 23-29.
- Gianfranco Urciuoli, Lichiano Picarelli and Serge Leroueil. Local Soil failure before general slope failure // Geotechnical and Geological Engineering, Publisher Springer Netherlands ISSN0960-36182, February, 2007, Volume 25, №1, p. 103.
- Grigoryan A.A., Gyurdjyan Yu.G., Stephanyan V.E., Sarkisyan G.M. Landslides hazard in urban area. Amultidisci -plenary approach for the risk mitigation. KW: landslides, hazards, risk, mitigation, GIS // The international Disaster Reduction Conference (IDRS), Davos, Switzerland, 2006.
- Harus^(R) 99 User's Manual AccVien^(R) Version. Through a Cooperative Agreement with National Institute of Building Sciences. Washington, D.S., 1999.
- Hingr O. An extension of Bishop's simplified method of slope stability analysis to three dimensions//Geotechnique, 1987, 371, 113-117.
- Hovland H.J. Three-dimensional slope stability analysis method//J.Geotech. Eng. Div., Am. Soc. Civ. Eng., 1977, 103 GT9, 971-986.
- JICA Study Team. Landslide Disaster Management in the Republic of Armenia. Landslide Inventory Survey. Yerevan, 2006.
- John W.Ritter. Using an Infinite Slope Model to Delineate Areas Susceptible to Translational Sliding in the Cincinnati, OH Area. Department of geology, Wittenberg University. January, 2004.
- Khachatryan D.A., Stephanyan V.E. Geophysical investigation methods for the assessment of risks in an area and for the disposal of the hazardous chemical wastes. The NATO sciences for peace and security programme. Amsterdam, Berlin, Oxford Tokyo, Washington, 2008.
- Mowen Xie, Tetsuro Esaki, Guoyun Zhou and Yasuhiro Mitani. Geographic Information Systems – Based Three-Dimensional Critical Slope Stability Analysis and Landslide hazard Assessment, 2003.
- MSK – 64 – Классификация зданий и сооружений для оценки разрушений от сейсмического воздействия. 1964.
- Philip H., Ritz S. Gigantic paleolandslide assisted with active faulting along the Bogd fault/Gobi-Actal, Mongolia // Geology, 1999, vol. 27, №3.
- Program PS STABL 5M. User Guide. Slope Stability Analysis Program. Purdue University, UISA 1995.
- Sowers G.B., Sowers G.F. Introductory soil mechanics and foundations. New York: Macmillan, 1970. 556p.
- Terlien M.L.J., Van Asch T.W.J. and Van Westen, C.J. Deterministic modeling in GIS-based landslide hazard assessment//Geographical information systems in assessing natural hazards. A.Carrara and F.Guzzetti ets., Kluwer Academic, Dordscht, The Netherlands, 1995, 57-77.
- Van Westen, C.J. Application of geographic information systems to landslide hazard zonation//Inter. Institute for Aero-space Survey and Earth Sciences, Publication 15, Technical University Delft, The Netherlands, 1993.
- Wright Stephen «Компьютерные программы по расчету устойчивости склонов». U.Texas, 3 May, 1991.
- Xie M.,Zhou G., and Esaki T. Landslide hazard assessment using Monte Carlo simulation based on GIS//The 10th Int. Conf. of IACMAG, International Association for Computer methods and Advanced in Geomechanics, Tuscon, Ariz., 2001, 169-173.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ (В.Р.Бойнагрян).....	3
Глава первая. ИЗУЧЕННОСТЬ ОПОЛЗНЕЙ АРМЕНИИ (В.Р.Бойнагрян).....	5
§1. История вопроса	5
§2. Теоретические исследования.....	7
§3. Геодезические измерения	8
§4. Дешифрирование аэрофотоснимков	9
§5. Наземная стереофотосъемка.....	10
§6. Буровые и геофизические работы.....	12
Глава вторая. УСЛОВИЯ И ПРИЧИНЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕЙ В АРМЕНИИ (В.Р.Бойнагрян)	13
§1. Геоморфологические условия.....	14
§2. Геологические условия.....	14
2.1. Литологический состав горных пород.....	15
2.2. Наличие разломов и зон гидротермально измененных горных пород.....	16
2.3. Гидрогеологические условия.....	16
2.4. Сейсмические условия.....	17
§3. Физико-географические условия.....	17
§4. Антропогенные условия.....	17
Глава третья. РАЗНОВИДНОСТИ ОПОЛЗНЕЙ АРМЕНИИ (В.Р.Бойнагрян).....	19
§1. Разновидности оползней по размерам.....	19
§2. Разновидности оползней по форме в плане.....	21
§3. Разновидности оползней по механизму смещения.....	22
§4. Разновидности оползней по времени формирования.....	23
§5. Разновидности оползней по происхождению.....	25
§6. Разновидности оползней по степени активности и составу сдвигающихся пород.....	26
Глава четвертая. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПОЛЗНЕЙ В АРМЕНИИ И ИХ ОСОБЕННОСТИ (В.Р.Бойнагрян)	28
§1. Оползни бассейна р.Агстев.....	29
1.1. Фиолетовский оползень.....	30
1.2. Оползень “Джухтак-Ванк” (В.Р.Бойнагрян, Р.Б.Ядоян)	31
1.3. Оползень “Госдача” (В.Р.Бойнагрян, Р.Б.Ядоян)	33
1.4. Дилижанские оползни (В.Р.Бойнагрян, Р.Б.Ядоян)	34
1.5. Оползень Дома кинематографистов.....	37
1.6. Оползень “Парз-лич” (В.Р.Бойнагрян, Р.Б.Ядоян)	38
1.7. Агарцинский оползень (В.Р.Бойнагрян, В.Э.Степанян, Р.Б.Ядоян)	39
1.8. Овский оползень.....	42
1.9. Оползни нижнего участка долины р.Агстев (от гор.Иджеван до границы с Азербайджаном)	46
1.10. Оползни бассейна р.Гетик.....	48
§2 Оползни бассейнов рр.Памбак и Дебед.....	52
2.1. Оползни бассейна р.Памбак.....	52

2.1.1. Оползни бассейна р.Лернаджур (Байдак)	52
2.1.2. Оползни территории гор. Ванадзор и его окрестностей (В.Р.Бойнагрян, В.Э.Степанян)	56
2.1.3. Оползни в нижнем течении р.Памбак (до слияния с р.Дзорагет)	58
2.2. Оползни бассейна р.Дебед (В.Р.Бойнагрян, В.Э.Степанян, Р.Б.Ядоян)	59
2.2.1. Одзунский оползень	59
2.2.2. Санаинский оползень	60
2.2.3. Оползни бассейна р.Дзорагет	61
§3. Оползни бассейна р.Раздан	62
3.1 Оползни бассейна р.Мармарик	62
3.2 Нубарашенский оползень	65
3.3 Вохчабердский оползень	67
3.4. Оползни в каньоне р.Раздан	69
3.5. Джрвежский оползень (В.Р.Бойнагрян, В.Э.Степанян)	71
3.6. Шорбулахские оползни	72
§4. Оползни бассейна р.Арпа	73
4.1. Орбатехский оползень	73
4.2 Чивинский оползень	74
4.3. Риндский оползень	75
4.4. Гетапский оползень	75
4.5. Оползни левобережья р.Арпа	76
§5. Оползни бассейнов рр. Азат и Веди	77
5.1. Оползни бассейна р.Азат	77
5.2. Оползни бассейна р.Веди	78
§6. Оползни бассейна р.Воротан	81
§7. Оползни бассейна р.Ахуриян	82
§8. Оползни бассейна р.Вохчи (В.Р.Бойнагрян, В.Э.Степанян, Р.Б.Ядоян, Д.Г.Аракелян)	84
8.1. Оползни Капана	86
8.1.1. Арфикский оползневой участок	86
8.1.2. Оползневой участок "Вокзальный"	88
8.1.3. Оползневый участок ул.Арутюнян	90
8.2. Оползни вне Капана	92
§9. Оползни бассейнов рр.Ахум, Тавуш и Хидзорут	92
§10. Оползни бассейна озера Севан	94
Глава пятая. ОПОЛЗНЕВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ (В.Р.Бойнагрян)	97
§ 1. Физико-механические свойства	97
§ 2. Химический состав	98
Глава шестая. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОПОЛЗНЕЙ НА ТРАНСПОРТНЫЕ КОММУНИКАЦИИ, НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ, ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И ПРИЧИНЯЕМЫЙ ИМИ УЩЕРБ (В.Р.Бойнагрян)	103
§1. Пораженность областей республики оползнями	103
§2. Оползни, воздействующие на автомобильные и железные дороги	104
§3. Оползни, воздействующие на населенные пункты и инженерные сооружения....	109
§4. Оползневые участки, находящие в наиболее критическом состоянии	111
§5. Ущерб от оползней	116

Глава седьмая. ОПОЛЗНЕВАЯ ОПАСНОСТЬ И ОЦЕНКА РИСКА В АРМЕНИИ (В.Э.Степанян)	117
§1. Индикаторы и факторы оценки оползнепроявления в Армении	119
§2. Особенности качественной и количественной оценки уязвимости природных и технических объектов от проявления возможных оползневых процессов сейсмогенного генезиса	142
§3. Оценка оползневой опасности и риска активизации процессов на тестовом участке Дилижанской группы оползней	144
§4. Структура и технология функционирования мониторинговой системы контроля и оценки оползневой опасности	147
Глава восьмая. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПОЛЗНЕЙ АРМЕНИИ (Д.А.Хачатрян)	157
§1. Общие замечания	157
§2. Электрометрические методы исследования	158
2.1 Электрометрические методы исследований при изучении оползневых процессов	160
2.2. Связь электрических параметров с физико-механическими и водными свойствами горных пород.....	161
§3. Сейсмометрические методы исследований	162
3.1.Связь между сейсмическими и физико-механическими свойствами горных пород	163
§4. Магнитометрия	166
§5. Радиометрия	167
§6. Изучение оползневых процессов г. Дилижан и прилегающих территорий	167
6.1. Оползневой участок "Фиолетово "Дилижанского района"	167
6.1.1. Левый берег участка Фиолетово	168
6.1.2. Правый берег участка Фиолетово	171
6.2. Участок Джухтак – Ванк	171
6.3. Оползневой участок "Старая дача" (Госдача)	173
6.4. Участок ул. Калинина	174
6.5. Оползневой участок "Парз лич".....	175
6.6. Участок "Кахни хач".....	176
6.7. Участок "Тахта"	176
6.8. Участок "Техут"	176
§7. Гехадир-Вохчабердский оползневые территории	178
7.1. Гехадирский участок	178
7.2. Вохчабердский участок	183
7.3. Участок "Кладбище" с. Вохчаберд	186
§8. Геофизические исследования территории Капанской агломерации	191
8.1. Результаты электроразведочных работ	191
Глава девятая. СТРУКТУРА РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ОПОЛЗНЕПРОЯВЛЕНИЯ В АРМЕНИИ (Д.Г.Аракелян)	195
§1. Основные положения	195
§2. Принципиальная схема модели и геоинформационной системы ПТС	198
§3. Апробация рассмотренного метода моделирования и оценки устойчивости склоновых территорий на тестовом участке	

<i>оползней проявления</i>	198
<i>3.1. Краткая характеристика региональных физико-географических и геотехнических условий оползневой активизации по трассе железной дороги Иджеван-Раздан</i>	211
<i>3.2. Расчетно-аналитические исследования устойчивости</i>	214
<i>3.3. Рекомендуемые приоритетные противооползневые мероприятия</i>	222

Глава десятая. МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИИ И СОЦИАЛЬНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ОБВАЛЬНО-ОПОЛЗНЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ (В. Э. Степанян)	224
§1. Техничко-технологические параметры и конструктивные особенности мероприятий и сооружений ИЗТ	225
§2. Основные положения и требования к обоснованию материалов и принятой документации по ИЗТ от оползней	227
§3. Перечень противооползневых мероприятий и сооружений и кадастровый список руководящих нормативных документов, используемых в Армении при разработке ИЗТ	229
§4. Рекомендации по реализации мероприятий и сооружений ИЗТ	230
4.1. Прогнозная оценка опасности и риска оползней проявления на рассматриваемой территории до 2010г.	231
§5. Обоснование рекомендаций по ИЗТ на территории г. Дилижан	236
5.1. Оценка эффективности существующих и рекомендуемый комплекс инженерно-защитных сооружений	237
5.2. Локальная оценка состояния оползневого склона в пределах территории Дома Творчества Союза кинематографистов (ДТК) в г. Дилижане	238
5.3. Современная активизация оползневых процессов на склоне рассматриваемой территории ДТК	239
§6. Оценка оползневой опасности локального участка у с. Одзун и разработка мероприятий ИЗТ по стабилизации оползневых явлений	241
§7. Краткая оценка инженерно-геологической обстановки, сопутствующей оползней проявлению на территории склона у железнодорожной станции Агарцин Тавушской области РА по трассе Иджеван-Раздан	243
§8. Конструктивные особенности мероприятий ИЗТ	246
8.1. Типовые конструкции противооползнеобвалных защитных мероприятий	246
8.2. Перечень и конструктивные особенности мероприятий и сооружений, использованных для локальной противооползневой защиты территорий	249
§9. Другие способы стабилизации оползневой активизации на склонах с использованием комплекса удерживающих дренажных сооружений и повышения водопоглощающих и водоудерживающих свойств грунтов склона	257
9.1. Состав, технология и реализация полимерно-минерального композита (ПМК) с целью обеспечения устойчивости и противофильтрационной надежности оползневых склонов	257

9.2. Использование ПМК в качестве противофильтрационной устойчивости естественных и искусственных откосов	258
9.3. Стабилизация оползней проявления с использованием противофильтрационных и удерживающих мероприятий, основанных на применении лучевого дренажа, «геотекстиля» и гидрополимерных смесей на оползневом склоне центральной зоны г. Дилижана	261

Глава одиннадцатая. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УЩЕРБОВ ОТ ОПОЛЗНЕЙ НА ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЕ (Ю.Г.Гюрджян)	263
§1. Общие положения	263
§2. Методика определения ущерба при оползнях зданиям (жилым, в т.ч. частным), материальным ценностям и домашнему хозяйству	265
§3. Методика определения ущерба при оползнях зданиям производственного и непромышленного (сфера услуг) назначения	269
§4. Методика определения ущерба от оползней автомобильным дорогам с учетом повреждения транспортных средств и потери (порчи) грузов	271
§5. Методика определения ущерба при оползнях магистралям	279
§6. Методика определения ущерба при оползнях для автомобильных и железнодорожных мостов	282
§7. Методика определения ущерба при оползнях сельскохозяйственным угодьям	284
§8. Методика организации движения транспорта на дорогах при оползнях	288
ЗАКЛЮЧЕНИЕ (В.Р.Бойнагрян)	290
ЦУФՈՓՈՒԿ	291
SUMMARY	292
ЛИТЕРАТУРА	293

Бойнагрян Владимир Рубенович
Степанян Вилен Эдуардович
Хачатрян Дмитрий Агванович
Ядоян Рубен Багратович
Аракелян Дмитрий Гегамович
Гюрджян Юрий Григорьевич

О П О Л З Н И А Р М Е Н И И



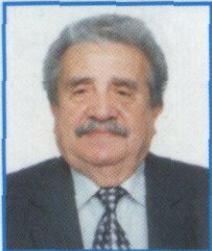
Бойнагрян Владимир Рубенович - род. в 1938г. в Тбилиси.
Доктор географ. наук, профессор, зав. кафедрой геоморфологии и картографии ЕГУ. Окончил МГУ им. М.В. Ломоносова(1962) по спец. „Геоморфология”. Обл. науч. интересов: геоморфология гор и морских берегов, инженерная геоморфология и геология, литология четвертичных отложений, опасные экзогенные процессы, поиски полез. ископаемых, аэрокосмические методы, геоэкология и др. Автор 180 науч. работ (3 монографии и 3 учеб. пособия). Награжден серебряной (1994) и золотой (2009) медалями ЕГУ.



Степанян Вилен Эдуардович - род. в 1935г. в Тбилиси.
Доктор техн. наук, глав. спец.-эксперт, советник НТО ССА МЧС РА. Окончил Москов. горный ин-т (1958) по спец. „Подзем. сооруж., основания и фундаменты”. Обл. науч. интересов: качественная и колич. оценка чрезвычайных ситуаций; основы моделирования, прогноза и оценки риска ЧС; геотехника укладки и уплотнения грунтов в плотины, возведение фундаментов и оснований; инженерная сейсмология, геоэкология и др. Автор более 300 науч. работ (6 монографий).



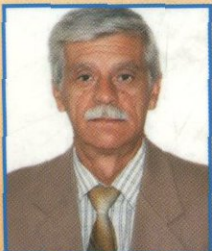
Хачатрян Димитрий Агванович - род. в 1940г. в с. Арзақан Котайкского марза РА. Канд. геол. – мин. наук, зав. кафедрой экологии и природопользования Ереван. ин-та экологии, экономики и права. Окончил ЕГУ (1966) по спец. „Геофизические методы поисков и разведки месторождений полез. ископаемых”. Обл. науч. интересов: геофизические методы, инженер. геология, гидрогеология, геоэкология, безопасность жизнедеятельности. Автор более 80 науч. работ (1 изобретение, 2 монографии).



Ядоян Рубен Багратович – род. в 1930г. в Тбилиси.
Канд. геол.-мин. наук, старший науч. сотрудник ИГН НАН РА. Окончил ЕГУ(1954) по спец. „Инжен. геология и гидрогеология”. Обл. науч. интересов: гидрогеология, поиски и разведка подземных вод, ликвидация последствий экзогенно-геодинамических и антропогенных процессов, противооползневые мероприятия, оценка устойчивости территорий для строительства, литомониторинг, геоэкология. Автор более 60науч. работ (1 монография).



Аракелян Дмитрий Гегамович – род. в 1972г. в Ереване.
Науч. сотрудник ИГН НАН РА. Окончил ЕГУ(1993) по спец. „Инжен. геология и гидрогеология”. Обл. науч. интересов: четвертичная геология, геотехника, инженерная геология, археология. Автор более 20 науч. работ.



Гурджян Юрий Григорьевич - род. в 1947г. в Ереване.
Канд. экон. наук, глав. спец.-советник НТО ССА МЧС РА, Председатель Экологического ОО „Геовтанг.” Окончил – ЕрПИ(1977) по спец. „Вычислительная техника”. Обл. науч. интересов: анализ и оценка опасностей и риска чрезвычайных ситуаций, разработка программ по решению проблем экологической безопасности, повышения устойчивости функционирования экономики и жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях. Автор 125 науч. работ (1 монография, 6 учеб. пособий).