



ОПОЛЗНИ И СЕЛИ

Москва 1995



ОРГАНИЗАЦИЯ
ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
ПО ВОПРОСАМ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КУЛЬТУРЫ

ПРОГРАММА ОРГАНИЗАЦИИ
ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЕ



ОПОЛЗНИ И СЕЛИ

В ДВУХ ТОМАХ

Том 2

ЦЕНТР МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРОЕКТОВ ГКНТ

МОСКВА 1984



Двухтомный труд "Оползни и сели" подготовлен коллективом авторов в соответствии с программой работ проекта ЮНЕП/ЮНЕСКО/СССР "Охрана литосферы как компонента окружающей среды" в рамках деятельности ЦМП ГКНТ

Редакционная коллегия:

Главный редактор Е. А. Козловский

Члены редколлегии: М. Арну (Франция), В.В. Кюнтцель (СССР),
Ж. Пило (Франция), И.И. Снежко (ЮНЕСКО), Л.В. Соколов (СССР);
К.И. Сычев (зам. главного редактора, СССР), М. Фукуока (Япония),
Р. Хатчинсон (Великобритания), Р. Шустер (США)

Ответственный редактор русского текста А. И. Шеко

В первом томе монографии на основе обобщения мирового опыта были освещены общие закономерности формирования оползней и селей, а также принципы и методические основы их изучения, прогноза и обоснования защитных мероприятий по охране геологической среды и хозяйственных объектов от этих процессов.

Второй том является логическим продолжением первого тома; в нем изложен опыт изучения и прогноза оползней и селей, а также способы защиты от них геологической среды и хозяйственных объектов в разных странах. В составлении этого тома приняли участие 30 ведущих ученых и специалистов из Советского Союза, Соединенных Штатов Америки, Франции, Канады, Японии, Китайской Народной Республики, Индии и Новой Зеландии. Том состоит из трех частей. В первой части изложен опыт регионального изучения, оценки и прогноза оползней и селей в разных физико-географических и геологических условиях СССР и Индии. Э.Д. Церетели на примере Грузии, где интенсивно проявляются экзогенные геологические процессы, описаны особенности развития и регионального изучения оползней и селей в альпийских горно-складчатых областях (глава 1). На основе этих материалов составлена генеральная схема противооползневых и противоселевых мероприятий.

В горных странах особую опасность представляют прорывы завальных озер, в результате чего формируются катастрофические паводки и селевые потоки. Опыт регионального изучения горных завальных озер, оценки вероятности и прорыва изложен В.П. Пушкаренко и А.М. Никитиным на примере Средней Азии (глава 2).

Наиболее активно оползневые и селевые процессы развиваются в рыхлых четвертичных отложениях. Особенности формирования оползней и селей в почво-элювии показаны на примере Индии.

Массовое проявление экзогенных геологических процессов, в том числе оползней и селей, может вызвать большие бедствия, даже гибель людей, особенно в горных странах. Поэтому заблаговременный прогноз возможного проявления оползней и селей и своевременное предупреждение населения об опасности позволяют предотвратить катастрофу или уменьшить ее разрушительные последствия, а, самое главное, эвакуировать людей, если это необходимо. Подобная массовая активизация экзогенных геологических процессов, вызванная экстремальными метеорологическими условиями, произошла в 1969 г. в Таджикистане. Правительством Таджикской ССР и Министерством геологии СССР срочно были организованы работы по инженерно-геологическому обследованию территории республики и оценке опасности населенных пунктов в связи с воздействием экзогенных геологических процессов. В короткий срок были обследованы все населенные пункты Таджикистана и дана оценка их подверженности воздействию геологическим процессам. Из опасных мест было эвакуировано население. Опыт этих работ изложен в главе 4 (А.И. Шеко, М.М. Максимов, А.М. Лехатинов).

В Узбекистане (СССР) организована и продолжительное время действует специальная служба предупреждения и оповещения. Опыт ее работы описан Р.А. Ниязовым (главы 5 и 7). При рациональном освоении территории важное значение имеют долговременные (сроком до 50 лет) прогнозы развития экзогенных геологических процессов. В Советском Союзе на примере Черноморского побережья разработаны теоретические основы и методы подобных прогнозов, впервые в мировой практике в 1975 г. составлены инженерно-геологические карты прогнозов активизации оползней, селей, абразии и эрозии до 2000 г. Проверка прогнозов показала удовлетворительную их оправдываемость. А.И. Шеко и В.С. Круподеровым описан опыт составления долговременных прогнозов для этого региона.

Вторая часть является самой большой. В ней изложен опыт защиты геологической среды и хозяйственных объектов от оползней и селей в СССР, США, Канаде, Японии, Франции, Индии и Китае в самых разнообразных физико-географических и геологических условиях.

Опыт защиты крупных городов от оползней на равнинных побережьях, сложенных песчано-глинистыми породами показан И.П. Зелинским и Ю.Г. Баландиным на примере города Одессы (СССР), расположенного на берегу Черного моря (глава 10). Противооползневые мероприятия в этом городе начали осуществляться с конца девятнадцатого столетия. Вначале, когда еще была слабо изучена природа оползней, противооползневые мероприятия часто определялись ошибочно и оказывались неэффективными. В настоящее время механизм оползней одесского побережья достаточно хорошо изучен, выполнен большой комплекс защитных мероприятий, который надежно защитил одесские берега.

На примере г. Сочи (Черное море) В.И. Ворошиловым и Н.Н. Федоровским описан опыт защиты от оползней городов, расположенных на горных побережьях. Район г. Сочи характеризуется очень интенсивным развитием оползневых процессов, но несмотря на это, благодаря успешному проведению противооползневых мероприятий, территория успешно осваивается под курортное строительство. Как показал опыт защиты береговой зоны от оползней, противооползневые мероприятия в этом случае в первую очередь должны быть направлены на предотвращение абразии. При этом в комплексе защиты должны быть предусмотрены также мероприятия по отводу поверхностных и подземных вод и ослаблению сдвигающих усилий (снятие масс грунта в головной и создание контрфорса в языковой части оползня).

Как показали исследования, при заполнении водохранилищ происходит активизация оползней по их берегам. Опыт защиты берегов водохранилищ на больших реках показан И.О. Тихвинским на примере г. Ульяновска, расположенного на берегу р. Волги (глава 11).

Опыт защиты дорог и других линейных сооружений изложен Ж. Пило и Ж. Картье на примере Франции (глава 15). Авторы описали большой комплекс методов, которые могут эффективно применяться для борьбы с оползнями на дорогах и других линейных сооружениях.

Своеобразным режимом развития отличаются оползни в так называемых чувствительных глинах, широко распространенных в восточной Канаде и Скандинавии. Для оползней в чувствительных глинах характерны внезапное разжижение и быстрое развитие процесса. Механизм развития этих оползней и меры предупреждения описаны П. Ла Рошедем в главе 8.

Сведение лесов в Новой Зеландии в связи с интенсивным развитием животноводства привело к активизации оползневых и эрозионных процессов. Для предотвращения развития уже начавшегося процесса разработан план восстановления лесов. Восстановление лесов в ряде районов уже дало положительный эффект. Опыт борьбы с оползневыми и эрозионными процессами изложен А. Пирсом в главе 16.

Опыт изучения и проектирования противооползневых мероприятий в Японии описан М. Фукуока в главе 17.

Особенности развития оползневых процессов в Гималаях, где они отличаются многообразием форм проявления, и меры борьбы с ними описаны Р.К. Бандари (глава 19).

Сели — это сложный процесс, интегрирующий действие многих экзогенных геологических процессов — оползней, обвалов, эрозии и других. В селевом процессе они должны рассматриваться как элементарные процессы, подготавливающие и транспортирующие в русло водотока твердую составляющую. Эти особенности селевых потоков должны учитываться при определении мер защиты от них. В мировой практике уже накоплен большой положительный опыт борьбы с селями. В СССР осуществлен комплекс мероприятий по защите от селей столицы Казахской Советской Социалистической республики г. Алма-Аты (А.П. Анищенко, А.С. Деговец и др., глава 13).

В США выполнены большие работы, представляющие интерес для широкого круга специалистов по защите г. Лос-Анджелеса от селей (Р. Шустер и Р. Кэмпбелл, гл. 18).

Интерес представляет также опыт защиты от селей в Китайской Народной Республике (Ду Рон Хуан, Джоу Бифан, глава 14).

Особенности защиты населенных пунктов и других хозяйственных объектов в Узбекистане изложены Р.Г. Вафиним и В.П. Пушкаренко в главе 12.

Третья часть посвящена юридическим и административным аспектам, связанным с освоением территорий, пораженных оползнями и селями. Этот вопрос в настоящее время приобретает важное значение. Во многих государствах приняты специальные законы и другие регламентирующие документы. Материалы, изложенные в этой части, не претендуют на полноту. В ней только в качестве примеров приведены основные законы и ограничения во Франции в связи с проявлением оползней и селей (М. Арну, гл. 20) и дано описание административных и юридических аспектов, связанных с оползнями и селями в штате Калифорния США (Р. Шустер, Б. Лейтон, глава 21). Кроме того, этих вопросов касались М. Фукуока (глава 17), Ду Рон Хуан и Джоу Бифан (глава 14).

ИЗУЧЕНИЕ И ПРОГНОЗ ОПОЛЗНЕЙ И СЕЛЕЙ

Глава 1

ОПЫТ РЕГИОНАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ОПОЛЗНЕЙ И СЕЛЕЙ
НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИНСКОЙ ССР

Оползни и сели в Грузии имеют широкое распространение. Зафиксировано более 15 тыс. оползневых и обвальных участков и до 2 тыс. селевых водотоков; общая площадь, подверженная их воздействию, составляет около 30 тыс. км².

Оползни и сели на территории Грузии возникают в различных ландшафтно-климатических и геолого-геоморфологических условиях. Особенно активно они проявляются в районах интенсивного сельскохозяйственного освоения, неупорядоченного индивидуального строительства в сельской местности, на объектах крупного горнопромышленного освоения и в дорожном строительстве. Для обеспечения безопасного движения транспорта на профилактические и восстановительные работы ежегодно ассигнуется несколько десятков миллионов рублей.

Интенсивное развитие оползневых и селевых процессов на Кавказе, в том числе в Грузии, определяется сложностью инженерно-геологических условий. В настоящее время, когда воздействие инженерно-хозяйственной деятельности человека на геологическую среду начинает приобретать все более широкие масштабы, борьба с опасными геологическими процессами в республике является вопросом важной государственной значимости. За последние 20 лет в области изучения экзогенных геологических процессов, усовершенствования существующих и разработки новых методов прогноза этих явлений геологической службой Грузии достигнуты определенные успехи. В частности, проведена мелкомасштабная специализированная инженерно-геологическая съемка всей территории с целью выяснения закономерностей развития оползневых и селевых процессов и обуславливающих их факторов; составлены карты районирования по степени оползневой и селевой пораженности; выделены наиболее опасные для народного хозяйства объекты, требующие более детальных исследований.

Проведены крупномасштабные специализированные инженерно-геологические съемки в горных и предгорных районах Грузии, наиболее интенсивно подвергающихся воздействию разрушительных геологических процессов. Результаты этих комплексных исследований, основанных на современных достижениях инженерной геодинамики, дают возможность оценить степень пораженности территории, прогнозировать развитие оползневых, селевых и других опасных геологических процессов в региональном масштабе; определить основные направления изменения геологической среды и разработать мероприятия по её охране и защите от геологических процессов.

Завершена для всей Грузии среднемасштабная полистная инженерно-геологическая съемка с целью составления и подготовки к изданию инженерно-геологической основы для целенаправленного планирования и размещения крупных промышленных и гражданских объектов. При проведении этих исследований большое внимание уделено изучению условий развития экзогенных геологических процессов и пространственной изменчивости факторов, их обуславливающих.

В общем комплексе региональных исследований большое внимание в последние годы уделяется специализированным детальным инженерно-геологическим исследованиям, проводимым по заданию Министерства сельского хозяйства республики. Эти исследования

проводятся в районах интенсивного сельскохозяйственного использования территории и активного проявления экзогенных геологических процессов с целью дать обоснование для разработки мероприятий по защите земель от геологических процессов. В результате этих инженерно-геологических исследований составляется комплект специальных карт: инженерно-геологических условий; прогнозные карты с отображением на них устойчивости склонов и вероятности возникновения геологических процессов в естественных условиях и при освоении территории, а также карта инженерно-геологического районирования по степени устойчивости и пригодности территории для сельскохозяйственного освоения. Детальные инженерно-геологические исследования для обоснования рационального освоения территории под сельскохозяйственные угодья намечается выполнить для всей Грузии.

На территории Грузии осуществляется комплекс работ по изучению режима экзогенных геологических процессов. Наблюдательная сеть включает участки трех категорий. Участки первых двух категорий предназначены для изучения регионального режима развития геологических процессов, а на участках третьей категории изучается механизм и природа геологических процессов (режим отдельных форм проявления процесса) [18, 20]. Режимные наблюдения регионального направления охватывают 12 генетических типов экзогенных геологических процессов. Для изучения регионального режима геологических процессов и факторов, их вызывающих, используются: материалы специализированных крупномасштабных инженерно-геологических исследований; материалы повторных аэровизуальных наблюдений; периодическое наземное обследование, материалы отдельных заключений, составленные в разные годы по активизирующимся или вновь возникающим процессам с целью оказания помощи населению и выработки неотложных мероприятий по ликвидации их последствий. Показателем активности служит количество проявлений новых форм рельефа, созданных теми или иными экзогенными геологическими процессами, а также процент активизирующихся форм, наблюдаемых при повторном обследовании.

Материалы региональных и детальных инженерно-геологических исследований, а также изучение режима экзогенных геологических процессов послужили обоснованием Генеральной схемы комплексных противооползневых и противоселевых мероприятий на территории Грузии на 1981–2000 гг. В Генеральной схеме даны детальная характеристика инженерно-геологических условий и районирование территории по условиям и интенсивности проявления экзогенных геологических процессов, определены мероприятия по их предотвращению и охране геологической среды.

1. Анализ распространения и развития оползней

На территории Грузии оползневые процессы характеризуются многообразием форм проявления. Основными факторами, обуславливающими возникновение и развитие, интенсивность и активность оползневых процессов являются:

- преобладание в верхних частях разреза горных склонов, сложенных слабопрочными горными породами;
- высокая энергия рельефа и активное действие на динамическое состояние склонов основных изменяющихся во времени факторов;
- характер и направленность новейших тектонических движений;
- особенности климатических условий;
- усиление инженерно-хозяйственного воздействия человека на геологическую среду.

В горных и предгорных областях Грузии оползни встречаются во всех ландшафтно-климатических зонах и литолого-стратиграфических формациях горных пород, слагающих склоны разных генераций и возрастов. Однако наиболее сильно оползневой процесс проявляется в глинистых и молассовых отложениях, а также элювиально-делювиальных образованиях. При региональной оценке следует выделять три основных аспекта формирования оползней – историко-геологический, тектогенно-сейсмический и климатический. Масштаб, направленность, стадии и фазы развития тех или иных оползней функционально интегрируются конкретно обстановкой одного из ведущих природно-геологических факторов.

Историко-геологический аспект развития оползневого процесса обусловлен изменениями базиса эрозии (уровня Черного моря). Особенности развития оползней в этом случае отличаются длительным этапом подготовки. После завершения полного оползневого цик-

ла склоны приобретают устойчивость. Береговые оползни, связанные с изменением базиса, отличаются большой шириной, достигая нередко, в зависимости от геологического строения склона, 4,5–5 км. Такими оползнями практически охвачены все склоны долин в средних течениях рек Риони, Цхенис-Цкали, Квирила, Куры, предгорные зоны долин рек Кодори, Моквы, Гализгы, Ингури, а также черноморские берега Абхазии, где по возрасту развития оползневой процесс выделяются 4–6 оползневых ступеней в диапазоне от верхнего плиоцена до голоцена включительно.

Тектоногенно-сейсмические оползни обычно локализируются вдоль тектонических нарушений надвигового характера, а также в зонах флексурных перегибов и кливажей и отличаются азональными особенностями развития. Они возникают под влиянием совместного действия тектонических и гравитационных напряжений, а также сейсмического возбуждения в шовной зоне между складчатыми системами Большого и Малого Кавказа и Грузинской глыбой, а также в зонах краевых дислокаций.

Большое количество таких оползней приурочено к структурно-тектоническим блокам с большой скоростью поднятий, а также к зонам двух смежных тектонических блоков, испытывающих разнонаправленные движения или же однонаправленные, но с разной скоростью движения. Тектоно-сейсмогенные оползни (или оползни, определенные структурно-тектоническим и сейсмическим критерием, по Г.С. Золотареву) в подавляющем большинстве возникают внезапно, минуя часто все характерные стадии и циклы развития оползневой процесс. Эти оползни отличаются большими размерами. Например, объем Чхалтинского оползня составляет 3 млн.м³, Кведского – 100 млн. м³. Тектоно-сейсмогенные оползневые склоны оживают и поныне, особенно это наблюдается на участках Сурамо-Гокишурского и Чохатаурского надвигов, отделяющих геосинклинальную Аджаро-Имеретинскую горную систему от западного погружения Грузинской глыбы [1], а также на участках, приуроченных к краевым надвигам складчатой системы южного склона Большого Кавказа. Так, например, в последнее время оживились Клдисубанский оползень (бассейн р. Риони) – в 1972 г., с объемом до 30 млн.м³, Келасурский (бассейн р. Келасури) – в 1978 г., с объемом 8 млн.м³, Ласкадурский (бассейн р. Цхенис-Цкали) – в 1975 г., с объемом 20 млн.м³. Ввиду опасности грандиозного обрушения заслуживает также особого внимания активный сейсмогенный оползневой склон, заложённый в глинистой серии нижней юры на левом склоне ущелья селеносной р. Белая Дуруджи. Этот оползень (200 млн.м³) оконтуривается глубокозаложённой живой трещиной сдвига и угрожает обрушением. Бывают и такие тектоно-сейсмогенные оползни, динамика и механизм движения которых в последующем зависят от климатических факторов (оползни Клдисубанский, Ласкадурский, Чхалтинский, Дзирульский, Ваханский, Свирский, Шубанский, Биркианский и многие другие) и при увлажнении периодически приходят в движение.

На территории Грузии формирование большей части современных действующих оползней и оползней, находящихся в состоянии временной устойчивости, связано с климатическими условиями. Такие оползни возникают исключительно в отложениях склоновой формации и в интенсивно выветрелых породах, а также в древнеоползневых образованиях, которые наиболее чувствительны к изменениям климатических условий усилением эрозионных процессов. Механизм этих оползней отличается значительным разнообразием и определяется, в первую очередь, составом, состоянием и степенью обводнения. Анализ материалов региональных исследований и режимных наблюдений показывает [18], что основной деформирующийся горизонт оползней, режим которых определяется изменением климатических условий, находится на глубине 5–10 м. Обычно в осенне-весенние периоды влажность пород основного деформируемого горизонта в зоне, подвергающейся активному оползневому смещению, превышает 50–70%, тогда как на относительно устойчивых участках одного и того же склона влажность равна 30–40%, и с увеличением уклонов поверхности склона эти показатели еще больше снижаются. Летом влажность пород уменьшается в Западной Грузии на 16–10%, а в Восточной аридной зоне – на 23–30%. В это время, обычно, оползневых подвижек не наблюдается. Ниже зоны воздействия атмосферных осадков естественная влажность практически не изменяется и находится в пределах 15–25%. Установлено, что в пределах влажного субтропического климата Черноморского побережья, предгорной части Гурии и Имеретии величины естественной влажности в верхней части разреза находятся в пределах 19–27%. Эти показатели заметно увеличиваются в бассейнах среднего течения Цхенис-Цкали, Риони,

Б. Лиахви и в предгорьях северных склонов Тriaлетского хребта. Большой увлажненностью отличаются оползневые отложения и в продуктах сноса карбонатно-терригенных отложений восточной части южного склона Большого Кавказа, полная влагоемкость которых составляет 40-63% (при естественной влажности 6-19%). Активизация оползней в значительной степени зависит от количества осадков. Например, превышение годовой суммы осадков в 1967-68 гг. в среднем для западной части Грузии на 350-600 мм, а для восточной на 200-800 мм, вызвало массовую активизацию старых оползней и возникновение сотни новых. Положительный баланс атмосферных осадков наблюдается обычно в течение не более 3 лет, и обычно количество осадков предыдущего года преобладает над количеством последующего. Последовательный ряд в дефицитах осадков колеблется в пределах от 1 до 6 лет, преобладает 3-4 летний период. Последовательные ряды положительного баланса и дефицита увлажнения составляют единый цикл от 3 до 8 лет, в среднем - 5-6 лет. Причем, замечается, что во времени продолжительность этих рядов до 1950-х годов была больше (составляла 6-8 лет), чем последние 25 лет (3-4 года).

Сопоставляя годы наибольшего увлажнения с периодом активизации оползневых процессов приходим к выводу, что между режимом активизации оползней и отклонением атмосферных осадков от их многолетней нормы существует довольно тесная связь. Отчетливо выделяются отдельные годы или более продолжительные периоды, когда активизация или затухание оползневого процесса определяется ходом изменения режима атмосферных осадков. За последние 54 года активизация оползневого процесса имела место 13 раз, а временное затухание - 12 раз. Возбуждение оползневого процесса выше среднего фона оползневой активности, которое обычно сопровождается наибольшим числом активизировавшихся и новых оползней, происходит при выпадении атмосферных осадков выше среднемноголетней нормы более, чем на 200-400 мм. В это же время происходит аномально сильная активизация действующих и активизировавшихся оползней. Такие периоды интенсивной активизации оползневого процесса отмечались в 1939-1940, 1953, 1963, 1967-1968, 1970, 1973, 1975 и 1978 гг.

При выпадении осадков выше среднемноголетней нормы в пределах 100-200 мм замечается тенденция к изменению оползневого процесса. При таком увлажнении территории обычно происходит переход действующих оползней в наиболее активное динамическое состояние, резко увеличивается скорость их смещения, нередко активизируются также оползни, находящиеся в состоянии предельного равновесия. Новые оползни возникают редко. В периоды выпадения осадков в год выше среднемноголетней нормы до 100 мм практически не сказывается на активизацию оползневых процессов.

Таким образом, в региональном режиме развития оползневых процессов должны быть выделены 3 этапа оползневой активизации: а) периоды максимальной активизации оползневых процессов, связанных с экстремальным выпадением атмосферных осадков, продолжительность которых между крупными пароксизмами равна 4-11 лет; б) периоды средней активизации оползневых процессов - в основном охватывают определенные годы между периодами интенсивного оползневого проявления; в) периоды минимальной активизации оползневых процессов; годы такой активности оползневых процессов преобладают над двумя вышеупомянутыми. В оползневой деятельности существуют и периоды, когда процесс затухает и оползневой склон переходит во временно устойчивое состояние. Длительность такого состояния оползневого процесса зависит от продолжительности периода с дефицитом атмосферных осадков, который колеблется в пределах от 1 до 5 лет.

На основе анализа геологических, геоморфологических и климатических условий развития оползневых процессов на территории Грузии проведено районирование по интенсивности их проявления. По интенсивности проявления, которая оценивалась коэффициентом пораженности, выделено семь групп районов, характеристика которых приведена на рис. 1.1.

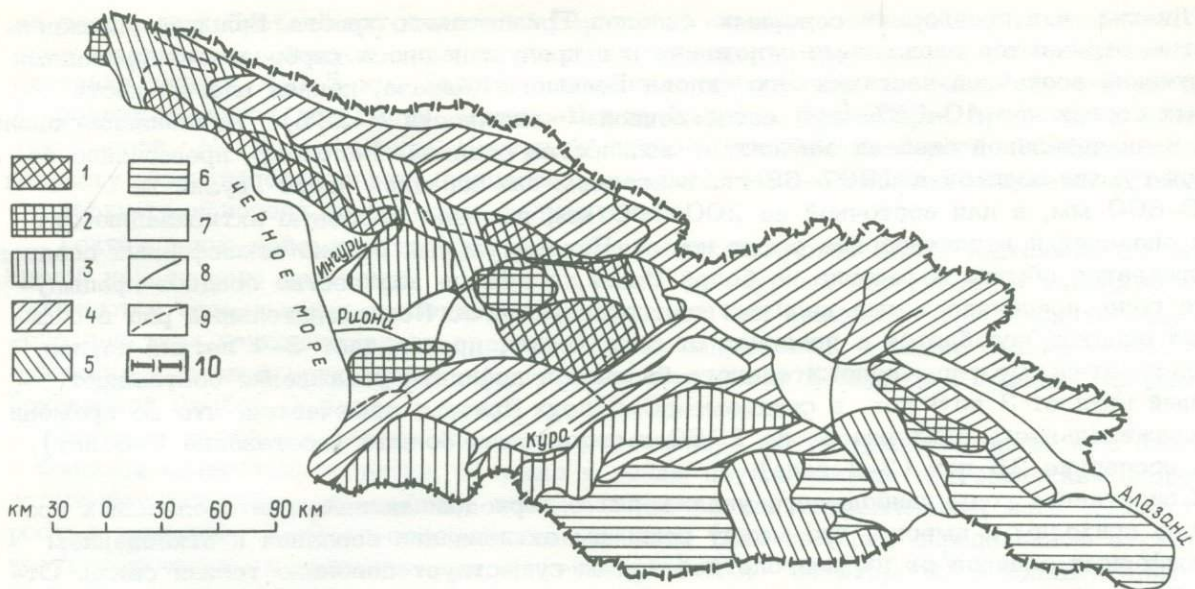


Рис. 1.1. Схема районирования Грузии по интенсивности проявления оползней. 1 – районы весьма сильной интенсивности проявления оползней ($K_p = 0,7-0,9$): Рача-Лехчумская синклиналиальная депрессия – третичные глинистые породы; Верхне-Имеретинское поднятие и передовые прогибы Аджаро-Имеретинской складчатой системы – разрушенная зона кристаллических пород и третичные глины; Абхазская предгорная зона – третичные глинистые породы; 2 – районы сильной интенсивности проявления оползней ($K_p = 0,5-0,7$): Предгорная Гурия – латериты и третичные глины; Сочи-Адлерская депрессия – третичные песчано-глинистые породы; Окрибское низкогорье – среднеюрские лагунные отложения и третичные глинистые породы; Циви – Гомборский хребт – третичные молассы; 3 – районы значительной интенсивности проявления оползней ($K_p = 0,3-0,5$): Горная Аджария – эоценовые вулканогенно-осадочные породы; Ахалцихская депрессия и северный склон Триалетского хребта – третичные глины и песчаники; Северо-Колхидское холмисто-террасированное предгорье – третичные глины и нижнечетвертичные молассы; 4 – районы средней интенсивности проявления оползней ($K_p = 0,1-0,3$): Предгорья Аджарии-Кора выветривания третичных вулканогенных пород; Горная Гурия и Южная холмистая Имеретия – третичные вулканогенно-осадочные породы; средне- и высокогорье Триалетского хребта – эоценовые вулканогенно-осадочные и меловые карбонатно-терригенные породы; северо-западное предгорье Карталинского хребта – неогеновые молассы; средне- и высокогорная зона южного склона Большого Кавказа – юрская глинисто-сланцевая толща; предгорья Циви-Гомборского хребта – неогеновые молассы; 5 – районы слабой интенсивности проявления оползней ($K_p = 0,01-0,1$): среднегорье южного склона Большого Кавказа – порфиритовая свита байоса; средне- и высокогорье южного склона Большого Кавказа – верхнеюрские и меловые карбонатные породы; Западная часть Иорского плоскогорья – неогеновые молассы; средне- и низкогорье Храмской и Локской возвышенностей – допалеозойские кристаллические и мезозойские вулканогенные породы; 6 – районы очень слабой интенсивности проявления оползней ($K_p = 0,01$): среднегорное горстовое поднятие – среднеюрские гранитоиды; Джавахестское вулканическое нагорье; Марнеульская равнина – третичные глины, песчаники конгломераты и четвертичные аллювиально-озерные отложения; восточная часть Иорского плоскогорья – третичные глины и конгломераты; 7 – районы, где практически не наблюдаются оползней; 8 – границы между группами районов по интенсивности проявления оползней; 9 – границы между районами одинаковой интенсивности; 10 – граница Грузинской ССР

2. Анализ распространения и развития селей

Возникновение и динамика селей определяются: коэффициентом значительной эрозивной расчлененности и высокой энергией рельефа; преобладанием в геологических разрезах благоприятных для формирования селей литолого-стратиграфических комплексов, высокой сейсмической активностью и тектонической подвижностью блоковых, сводово-блоковых и надвиговых морфоструктур (большинство крупных селеносных районов сосредоточены в 7- и 8-балльных сейсмических зонах); широким и весьма активным развитием склоновых процессов; резкой ландшафтно-климатической зональностью и режимом выпадения атмосферных осадков. Образованию и скоплению материала для формирования твердой составляющей селей значительно способствует инженерно-хозяйственная деятельность человека. На рис. 1.2 приведена схема районирования Грузии по интенсивности проявления селей.

В Грузии сели активно проявляются во всех гипсометрических зонах: высокогорье, среднегорье, низкогорье и даже в предгорье. В высокогорных альпийско-нивальных областях широко распространенные толщи моренных и коллювиальных отложений служат колоссальным запасом рыхлого материала для формирования твердой составляющей селей гляциального и ливневого характера. Очаги селеформирования в основном сосредоточены в эрозионных и денудационных формах рельефа, а рыхлый селеобразующий материал состоит из продуктов гравитационного сноса. Значительное количество рыхлообломочного материала поступает за счет размыва террас и конусов выноса. Активизации селевой деятельности способствует и антропогенный фактор, так как эта территория является областью интенсивного хозяйственного освоения.

Формирование селевых потоков на территории Грузии чаще всего связано с дождями ливневого характера (до 80-85%). Причиной возникновения селей нередко служат экстремальное таяние ледников и снега, прорывы оползнево-обвальных и ледниковых озер, и в меньшей степени сели формируются за счет опорожнения ледниковых и моренных озер в результате образования термокарстовых пустот или переливания из них воды. По данным геологической службы Грузии, число случаев возникновения селей от прорыва ледниковых озер составляет до 3,5-4%, а за счет прорыва оползневых запруд в среднем до 10%.

Особенности рельефа Грузии определяют исключительную сложность в распределении атмосферных осадков на этой территории, годовое количество которых распределяется весьма неравномерно; в западных, наиболее увлажненных районах, количество их в 2-3 раза больше (до 2500-3000 мм), чем в восточных (в пределах 500-1500 мм), а наибольшей величины они достигают в интервале высот 2000-2500 м, т.е. в зоне преобладающего формирования селевых очагов. Вместе с этим, в зависимости от высоты и экспозиции склонов, за теплый период выпадает в среднем от 50 до 90% годовой суммы. Обеспеченность селеобразующих суточных осадков, в зависимости от сложности геологических условий, меняется в широких пределах. Установлено, что при суточных осадках порядка 80-100 мм и более сели могут образовываться в любых горных районах, а при суточных осадках 20-40 мм - могут возникать в благоприятной для формирования твердой составляющей геологической обстановке. Суточные максимумы осадков составляют на Южном склоне Большого Кавказа, в верховьях реки Терек, на Джавахетском нагорье и на восточном склоне Сурамского хребта от 70-100 до 130-150 мм; на юго-западных склонах Кахетинского хребта и западном склоне Сурамского хребта - 150-160 мм; на северных склонах Аджаро-Имеретинского и Триалетского хребтов, а также Цалкинском плато - 60-100 мм [11].

Статистика показывает, что вероятность интенсивных селеформирующих дождей и частоты их выпадения неоднозначны для отдельных районов Грузии. Наиболее частые ливни с суточными осадками, обеспечивающие формирование селей разной интенсивности, выпадают в западной части Большого Кавказа. Например, в бассейне р. Кодори суточные осадки в количестве 50-80 мм за 1955-1979 гг. наблюдались ежегодно, а в 1963, 1968, 1972 и 1978 гг. повторялись по 6 раз в год.

В пределах восточной части Большого Кавказа (метеостанция Омало) ливни с суточными осадками 30-50 мм проходят ежегодно, а иногда повторяются от 2 до 5 раз, а осадки в 50-80 мм - за 1968-1978 гг. повторялись 7 раз, причем в 1969 г. - 2 раза.

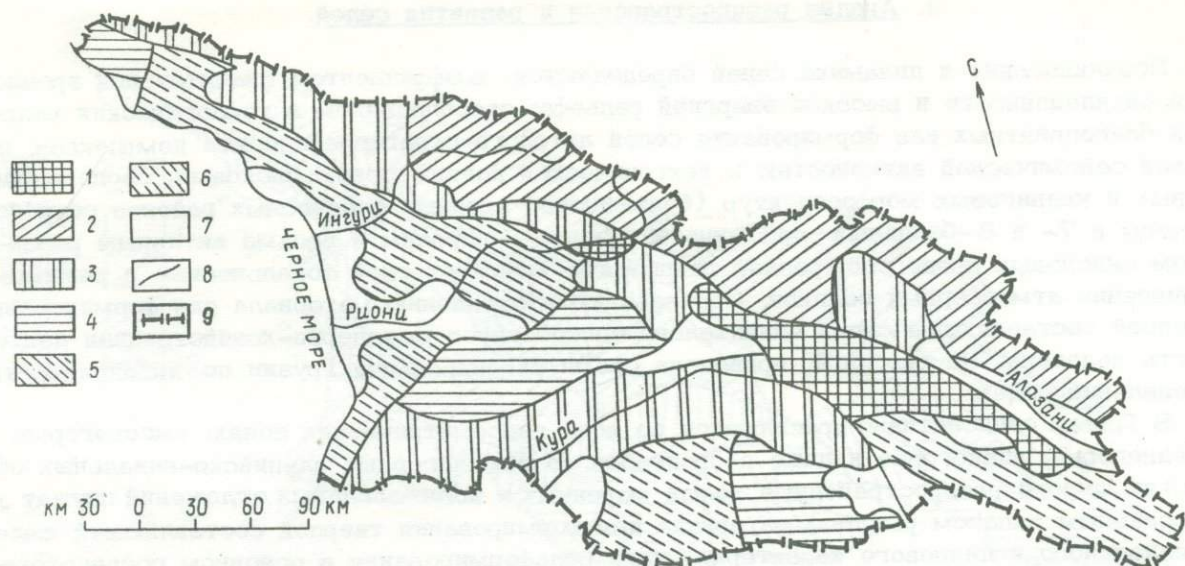


Рис. 1.2. Схема районирования Грузии по интенсивности проявления селей: 1 – районы весьма сильной интенсивности проявления селей ($K_s > 0,8$) – предгорные молассовые поднятия Восточной Грузии; плиоцен – нижнечетвертичные аллювиальные отложения верхнего течения бассейна р. Риони; 2 – районы сильной интенсивности проявления селей ($K_s = 0,6-0,8$) – высоко- и среднегорная зона восточной части Большого Кавказа – глинисто-сланцевая серия нижней и средней юры и терригенно-карбонатный флиш верхней юры; 3 – районы значительной интенсивности проявления селей ($K_s = 0,5-0,6$) – средне- и высокогорная зона Аджаро-Триалетской складчатой системы – эоценовые вулканогенно-осадочные и меловые карбонатно-терригенные породы; Горная Абхазия в пределах развития глинисто-сланцевой серии нижней и средней юры; среднее течение рек Риони, Ингури, Цхенисцкали и верховье бассейна р. Квирила; вулканогенные породы байоса и третичные глинисто-песчаные породы; 4 – районы средней интенсивности проявления селей ($K_s = 0,3-0,5$) – средне- и низкогорные поднятия Дзирульского, Храмского и Локского кристаллических массивов; низко- и среднегорная Горная Гурия и предгорная Имеретия – третичные вулканогенные и глинисто-мергелистые породы; бассейн р. Псоу – третичные песчано-глинистые породы; 5 – районы слабой интенсивности проявления селей ($K_s = 0,1-0,3$) – южный склон западной части Большого Кавказа в пределах развития карбонатных пород верхней юры-мела; предгорная зона неогенчетвертичных отложений Черноморского побережья Грузии; 6 – районы очень слабой интенсивности проявления селей ($K_s = 0,01-0,1$) – среднее и высокогорное Джавахетское неоген-четвертичное вулканогенное нагорье, Иорское денудационное плоскогорье – третичные глины, песчаники, конгломераты; 7 – районы, где практически не наблюдается проявления селей; 8 – границы между крупными районами по интенсивности проявления селей; 9 – Граница Грузинской ССР

В Горной Аджарии и Гурии (метеостанции Хуло, Бахмаро) суточные осадки в 30–50 мм выпадают ежегодно, а в отдельные годы повторяются 2–6 раз; осадки в 50–80 мм за 1968–1982 гг. выпали в Аджарии 2 раза (в 1971, 1982 гг.), а в Гурии 7 раз (в 1969, 1971, 1975, 1976, 1977, 1978 и 1982 гг.) и повторялись в отдельные годы от 2 до 7 раз. За это же время осадки больше 80–100 мм выпали всего 2 раза (в 1970, 1977 гг.). Также ежегодно возможны ливни с суточными осадками до 30–50 мм в пределах Триалетского хребта (метеостанция Боржом) и могут повторяться в отдельные годы – 2–3 раза (1968, 1971, 1975, 1977, 1982).

Следует отметить, что не все селеобразующие осадки сопровождаются формированием селевых потоков. Установлено, что при прочих равных условиях интенсивность развития селевого процесса, частота возникновения селей, объем выноса селевой массы, структурно-реологическая природа потока и другие параметры определяются, прежде всего, геологическим строением бассейна [12, 21, 22]. На территории Грузии в зави-

симости от литофациальных разностей, механического и минерало-химического состава твердой составляющей селей, обусловленных исходным субстратом горных пород, выделяются как обычные ливневые паводки, водокаменные, каменно-грязевые потоки, так и связанные грязевые и грязекаменные сели. При этом водокаменные и каменно-грязевые несвязные сели наблюдаются в областях распространения моласс мио-плиоцена, вулканогенных, вулканогенно-осадочных и карбонатных пород средней юры, мела и палеогена, а также лавовых покровов Джавахетского нагорья и Дзирульского кристаллического поднятия. Связные селевые потоки формируются исключительно в пределах развития глинистых и аспидных сланцев нижней и средней юры, глинисто-мергелистого и терригенного флиша верхней юры, мела и эоцена. Ниже приводится характеристика основных селеформирующих формаций горных пород и связанных с ними особенностей развития селевого процесса.

На территории Грузии породы кристаллической формации доверхнепалеозойского возраста представлены в целом устойчивыми по отношению к денудации кристаллическими сланцами, гнейсами и гранитоидами. Эти породы в ненарушенном состоянии обладают высокой прочностью (в пределах 92,0-230,0 МПа); в зоне тектонических нарушений, интенсивной трещиноватости, сланцеватости и кливажа прочность их снижается в 1,5-4 раза, а в зоне активного гравитационного сноса падает до 10,0-5,0 МПа. Многолетними наблюдениями за процессами морозного выветривания в области антиклинория Главного Кавказского хребта установлено, что если в зоне активного гравитационного сноса среднегодовое количество продуктов разрушения составляет для кристаллических сланцев 1,51-1,95 кг/м², а гранитоидов 0,7-0,8 кг/м², то в зоне медленного сноса эти показатели уменьшаются соответственно до 0,3-0,02 кг/м². Кроме того, эти породы вначале распадаются на глыбы, в дальнейшем происходит их десквамация и дезинтеграция до мелких обломков и щебня. Наблюдениями установлено, что за 10 лет количество обломков размерами крупнее 200 мм уменьшилось на 13-15%. В нивально-ледниковой зоне поставщиками обломочного материала в селевые очаги могут быть только зоны, предварительно ослабленные тектоническими нарушениями. В этой зоне большое количество рыхлообломочного материала в селевые потоки поступает из морен. Здесь формируются исключительно крупнообломочные водокаменные и каменно-грязевые потоки, разовый вынос которых в подавляющем большинстве случаев измеряется тысячами кубометров. Гранулометрический состав отложений характеризуется преобладанием обломков крупнее 200 мм (65-87%), среди которых встречаются включения глыб размером 3-5 м и крупнее. Частицы размером 2-200 мм составляют 11-23%, а остальное - мелкозем (< 2 мм). Тонкодисперсная фракция составляет не более 2-3% и отличается очень низкой коллоидной активностью.

В настоящее время в высокогорно-нивальной зоне Большого Кавказа активная площадь селеобразования заметно увеличивается в результате интенсивного отступления современных ледников (среднегодовое их отступление составляет примерно 36-43 м). В области Дзирульского кристаллического поднятия умеренно влажный теплый климат создает благоприятные условия для образования мощной коры выветривания (в среднем 10-15 м). Количество продуктов разрушения относительно выветрелых гранитоидов на склонах крутизной более 60-65° составляет в среднем 0,77-1,0 кг/м² в год. При этом формируется материал следующего гранулометрического состава: крупнее 200 мм - 8-11%, 200-100 мм - 10-15%, 100-50 мм - 13-20%, 50-20 мм - 15-24%, 20-10 мм - 10,5-15,5%, 5-2 мм - 4,5-14%, 2-1 мм - 2,5-7%, меньше 1 мм - 2-8,5%. Элювий, который формируется на сравнительно пологих склонах, характеризуется низкой сопротивляемостью размыву и оползанию, что способствует развитию на этих склонах селевых процессов. Нередко объем оползнево-обвальных масс, которые в определенной мере принимают участие в формировании селей, составляет от 100 тыс.м³ до 1 млн.м³ (оползни районов сёл Хева, Убиса, Сакасрия, Дзирула и т.д.). Обычно формируются грязекаменные, реже структурные потоки, в составе которых преобладают фракции крупнее 100 мм (50-70%), частиц размером 2-100 мм составляют 20-45%, а мелкозем, представленный супесчано-суглинистыми образованиями - 10-15%.

В горных сооружениях Кавказского региона наибольшим площадным распространением пользуются породы терригенно-метаморфической и флишево-карбонатной формации

нижней юры, мела и палеогена, которые слагают склоны на интервалах 1500–4000 м. Селевые потоки здесь проходят почти по всем водотокам. Литологический комплекс селеобразующих очагов представлен интенсивно дислоцированными, часто смятыми в мелкие складки, осложненными тектоническими нарушениями, аспидными и глинистыми сланцами, песчаниками, мергелями, мергелистыми и песчанистыми известняками и аргиллитами. Для сланцев песчано-алевроитового и алевроито-пелитового составов предел прочности на сжатие свежих разностей колеблется от 70,0 до 170,0 МПа, снижаясь при водонасыщении 56,0–13,0 МПа, а в ряде случаев породы разрушаются совсем. Для свежих кварцевых и аркозово-кварцевых песчаников прочность составляет 110,0–200,0 МПа, у выветрелых – снижается в 4–5 раз, а в зоне активного гравитационного сноса – примерно в 6–10. Особой податливостью к выветриванию отличаются тонкорассланцованные песчаники и аргиллиты, прочность которых изменяется от 20,0–47,0 до 90,0–110,0 МПа, снижаясь после водонасыщения до 13,0–5,0 МПа.

В результате пятилетних наблюдений установлено, что средняя скорость выветривания составляет: для аспидных сланцев 0,4–0,7, аркозовых песчаников – 0,08–0,4, глинистых сланцев – 1,6–3,9, мергелей 4–5, аргиллитов 8–11 кг/м². Преобладание в разрезе слабоустойчивых к процессам денудации пород из терригенно-метаморфической и флишево-карбонатной формаций создают исключительно благоприятную среду для образования очагов формирования селей. Накопление рыхлообломочного материала в селевых очагах происходит с такой интенсивностью, что при благоприятных климатических условиях возможно формирование крупных несвязных каменно-грязевых селей с интервалами проявления в два-три года, а селей малой мощности – ежегодно или 2 раза в год. Газовые выносы селевых отложений нередко превышают 1 млн.м³. Например, объем селевого потока, прошедшего в сентябре 1961 г. по р. Дуруджи, составил 1,2 млн.м³, а катастрофический сель, прошедший по р. Терек в начале августа 1967 г., вынес несколько миллионов кубометров.

Морфология селевых отложений указывает на то, что они формировались в разное время, а литофациальная неоднородность в разрезах одной и той же возрастной генерации – на стадийность селевых выносов. Общая мощность селевых отложений колеблется в пределах от нескольких десятков метров до 80–100 м, а на конусе выноса р. Дуруджи превышает 450–500 м. В составе грубообломочного материала фракция крупнее 100 мм занимает в среднем 15–25%, 2–100 мм – 45–55%. Причем нередко встречаются глыбы до 5 м, а иногда объем глыб достигает 100 м³. В мелкоземе супесчано-суглинистый заполнитель составляет 10–20%; он обогащен кварцем (37–64%), глиноземом (4–18%), железом (4–12%), карбонатом кальция (1–5%), из глинистых минералов – серицитом, гидрослюдой. Присутствие в мелкоземе большого количества кварца и низкогидрофильных глинистых минералов определяет пониженную водоструктурную связь селевых отложений, где предел текучести тонкодисперсной фракции не превышает 25–29%, а число пластичности колеблется в интервале от 1 до 8. В породах вулканогенно-осадочной формации, представленных широко распространенными среднеюрскими разностями в западной части Большого Кавказа в пределах высот 1000–3500 м от Абхазии до Южной Осетии и среднеэоценовым комплексом в юго-западном окончании Аджаро-Триалетской складчатой системы от Черноморского побережья до меридиана Боржоми, ввиду неоднородности литолого-петрографического состава отдельных стратиграфо-генетических комплексов, их различной денудационной устойчивости, интенсивность проявления селей изменяется в больших пределах. Районы, сложенные водостойкими порфириновыми породами байосской серии отличаются большой устойчивостью склонов и слабой эрозийной расчлененностью. В результате механического разуплотнения пород формируются, в основном, глыбовая и глыбово-обломочная кора выветривания, где средний объем сносимого материала с площади активного гравитационного сноса составляет за год 0,43 кг/м². Запасы рыхлообломочного материала в селевых очагах накапливаются медленно, поэтому мощные селевые потоки проходят редко (1 раз в 20–30 лет).

В литологическом комплексе вулканогенных пород сравнительно легкой податливостью процессам денудации и эрозии обладают литокластические породы (туфобрекчии, туфопесчаники, лавовые брекчии, пористые туфы на глинисто-пещловом цементе), а также мергели и аргиллиты, имеющие преимущественное распространение в Аджаро-Триалетской складчатой системе. При выветривании прочность этих пород на сжатие снижает-

ся с 130,0–200,0 МПа в свежем состоянии, до 98,0–50,0 МПа в глыбо-обломочной зоне. Здесь нередко формируется мощная кора выветривания (до 15–20 м) от глыбо-обломочной зоны до тонкого дробления. Среднее значение величины сносимого материала с площадей активного выветривания, в зависимости от возрастной принадлежности, составляет для слоистых туфов и туфопесчаников 0,70–1,7 кг/м², из туфобрекчий и лавовых брекчий 0,31–1,3 кг/м² в год. В долинах, сложенных этими породами, более часто происходит формирование селей.

Слабая селевая деятельность наблюдается в районах распространения карбонатных пород верхней юры и мела. Эти породы занимают около 15% площади республики и распространены они, в основном, в западной части Большого Кавказа от Черного моря до высокогорья. Литологически область представлена весьма высокопрочными и эрозионно-устойчивыми массивными и брекчированными, часто доломитизированными известняками, доломитами, песчанистыми и мергелистыми известняками и подчиненными им мергелями. Прочностные свойства этих пород изменяются в широких пределах. Для доломитизированных, кристаллических и массивных известняков и доломитов, при плотности 2,57–2,98 г/см³, водопоглощении 0,14–4,01%, прочность на сжатие сухого образца составляет 102,0–220,0 МПа, а для песчанистых и мергелистых известняков эти показатели снижаются до 60,0–100,0 МПа (плотность 2,51–2,52 г/см³, водопоглощение 0,98–3,12%), а у мергелистых известняков не превышают 40,0–47,0 МПа. Поэтому здесь, несмотря на наличие больших площадей гравитационных склонов, селевые очаги, более или менее насыщенные твердым материалом, приурочены лишь к линии тектонических нарушений и зонам активной сейсмотектоники, интенсивно развиты обвально-осыпные процессы. Количество сносимого материала из глыбово-блоковой и глыбово-обломочной зон выветривания в среднем составляет за год для мелкозернистых известняков – 0,26 кг/м², для пелитоморфных и толстослоистых известняков соответственно – 0,40–0,5 кг/м², для мергелистых и брекчиевидных известняков – 0,5–0,7 и 1,0–1,1 кг/м². В дезинтегрированных продуктах выветривания всегда преобладают крупнообломочные образования, среди которых глыбовый материал (крупнее 200 мм) составляет 14–21%, крупнообломочный (200–100 и 100–50 мм) соответственно – 17–33 и 12–14%, материал средней крупности (50–10 мм) – 26–35%, а щебнистый (10–2 мм) – 13–24%; фракция меньше 2 мм не превышает 2,5–9%.

Обычно водотоки, приуроченные к карбонатным породам, не имеют обособленных очагов селеобразования, рыхлообломочный материал в русло поставляется задолго до зарождения селей. Сели, формирующиеся в этих породах, слабо насыщены твердым материалом. Несмотря на обогащенность отложений хлористо-монтмориллонитовыми минералами, показатели пластичности тонкодисперсной составляющей очень низки (предел текучести 20–27%, предел раскатывания – 19–25%). Наиболее благоприятные условия формирования селевых потоков наблюдаются в долинах, сложенных глинисто-терригенными породами верхней юры и олигоцен-миоцена. Во всех разрезах данного литологического комплекса, представленного чередованием глин, аргиллитов и песчаников с прослойками и пачками мергелей и конгломератов, преобладают глинистые породы (70–95%). Это породы легко поддаются процессам выветривания: песчаники за короткий срок превращаются в тонкодисперсную зону коры выветривания, а глины твердой консистенции и аргиллиты – в глины. В данном литологическом комплексе постушение рыхлообломочного материала в русло водотоков происходит в основном за счет оползней, которые нередко подпруживают русла. Затем подпруды прорываются и дают начало селевым потокам. Твердая составляющая селей может формироваться также за счет эрозии русловых отложений. В этих породах формируются только грязевые и грязекаменные потоки высокой плотности. В отложениях грязевых селей пылевато-глинистые частицы составляют, как правило, 50–80%, а из крупных обломков чуть ли не половина падает на долю глинистых окатышей размером от сантиметровых комков до 2 м в поперечнике.

Связные селевые потоки при седиментации не распадаются на составные части и застывают, сохраняя первичную структуру. Исследования в селевых бассейнах рек Иори, Риони и других показали, что скорость затвердевания селевых отложений в одном и том же бассейне различны и зависит от мощности потока и от количества, состава и активности коллоидных частиц. В связи с этим меняются в широких пределах и показатели пределов текучести (от 40 до 75%) и числа пластичности (от 9 до 35%). Селевые потоки такого типа при остановке очень плохо отдают воду, затвердевают неравно-

мерно и медленно. Например, в селевых отложениях оврага Лапианис-хеви за 13 месяцев образовалась корка усыхания мощностью 0,3–0,5 м, а селевая масса, залегающая непосредственно под ней, сохраняла текучепластичную консистенцию с влажностью 21–31%. Здесь в зависимости от степени удаления из селевой массы связанной воды плотность грязевых отложений менялась от 1,7 – 1,9 г/см³ (в коре усыхания) – до 2,3 – 2,5 г/см³ (в нижних слоях). В предгорных районах, сложенных молассаами мио-плиоцена, селевые процессы проявляются очень сильно и представляют большую опасность для народного хозяйства. Предгорные молассы слагают широкие пространства Восточной Грузии в пределах низко- и среднегорного тектогенно-эрозионного рельефа, достигая в ряде случаев 1500–2000 м абсолютной высоты. Нижняя и верхняя части разреза моласс, занимающие более 80% всего стратиграфического комплекса, литологически сходны и в основном представлены пачками конгломератов с линзами и прослоями глин, суглинков, песков или рыхлых песчаников. В средней части разреза над конгломератами преобладают глинистые породы, чередующиеся со слабосцементированными песчаниками и конгломератами. Разрушение конгломератов особенно быстро протекает в зоне аэрации в результате обводнения их атмосферными осадками. Глинистые породы в разрезе предгорных моласс, хотя и занимают резко лимитирующее положение, играют существенную роль в определении динамического состояния эрозионно-гравитационных склонов и образовании твердой составляющей селевых потоков. Таким образом, преобразование в отложениях предгорных моласс легко разрыхленных, высоководопроницаемых грубообломочных конгломератов, с наличием прослоев глинистых, часто высокогидрофильных пород, весьма высокая степень горизонтального расчленения верховий водосборных бассейнов рек и большие уклоны их коротких тальвегов, а также многочисленные выходы подземных вод по контактам этих пород на крутых бортах эрозионных врезов обуславливают интенсивное развитие селевых процессов. Селевые потоки здесь формируются практически во всех водотоках. В водосборных частях эрозионных врезов активные участки селеобразования составляют более 70–80% всей площади водосбора, из них за счет гравитационно-оползневой снос и плоскостного смыва ежегодно смещаются сотни и тысячи кубометров рыхлообломочных продуктов. Нередко мощные оползневые массы и громадные блоки обрушения, сползая с противоположных бортов узких эрозионных врезов, перекрывают русла и создают дополнительную угрозу формирования мощных селевых потоков. Рыхлообломочный материал в русло водотока поступает как до формирования селей, так и во время прохождения потока. Селевые потоки могут формироваться в любое время года и повторяться несколько раз в год при условии достаточного для этого количества воды.

В отложениях предгорных моласс преобладают грязекаменные потоки турбулентного режима с содержанием мелкоземистых частиц со слабой коллоидной активностью. В эрозионно-оползневых очагах материал для формирования селей всегда имеется в большом количестве, селевые потоки пополняются рыхлообломочным материалом за счет различных русловых отложений. Из-за весьма активной селевой деятельности и выноса большого количества рыхлообломочного материала современные русла этих водотоков приподняты намного выше древнего конуса выноса.

Литература

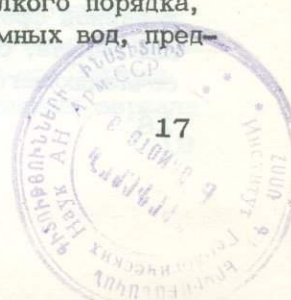
1. Арешидзе Г.М. Оползни Грузинской ССР, Тбилиси, Мецниереба, 1980, 155 с.
2. Геология СССР, М.: Недра, 1964, т. 10, 285 с.
3. Геоморфология Грузии. Тбилиси: Мецниереба, 1971, 384 с.
4. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. М.: Недра, 1972, 310 с.
5. Кикнадзе Т.К. Карст массива Арабика. Тбилиси: Мецниереба. 1972, 165 с.
6. Карпов П.М., Пушкаренко В.П., Умаров А.Ю., Ходжаев Ш.К. Селевые явления в Узбекистане. Ташкент: Фан, 1976, 124 с.
7. Кюнтцель В.В. Закономерности оползневой процесса на Европейской территории СССР и его региональный прогноз. М.: Недра, 1980, 213 с.
8. Методика инженерно-геологических исследований высоких обвальных и оползневых склонов. Ред. Г.С. Золотарев, М. Янич. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1980, 184 с.

9. Ниязов Р.А., Петрухина М.А., Мартемьянов В.И., Круковский Г.Л. Динамика горных склонов Чаткало-Кураминской зоны. Ташкент: Фан, 1977, 168 с.
10. Оползни. Исследование и укрепление. Ред. Р. Шустер, Р. Кризек. М.: Мир, 1981, 368 с.
11. Опасные гидрологические явления на Кавказе. Ред. Г.Г. Сванидзе, Я.И. Цуциридзе. Л.: Гидрометеиздат, 1980, 285 с.
12. Селеопасные районы СССР. Ред. Флейшман С.М., Перов В.Ф. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1976, 308 с.
13. Сергеев Е.М. Инженерная геология. М., 1978, 383 с.
14. Современные геологические процессы на Черноморском побережье СССР. Ред. Шеко А.И. М.: Недра, 1976, 184 с.
15. Современные методы прогноза оползневых процессов. Ред. Чуринов М.В., Емельянова Е.П. М.: Наука, 1981, 120 с.
16. Церетели Э.Д. Генезис и формирование селевых очагов, развитых в разных геологических формациях на территории Грузии. Труды ЗаКНИГМИ, Гидрометеиздат, 1979, вып. 31 (37), с. 47-55.
17. Церетели Э.Д., Церетели Д.Д. Выявление геологических условий формирования селевых потоков на Западном Кавказе. Труды КазНИГМИ. Ред. Виноградов Ю.Б. Гидрометеиздат, 1978, сб. 3, с. 51-57.
18. Церетели Ц.Д., Церетели Д.Д., Курдадзе М.З. К методике стационарных исследований оползней Грузии и некоторые результаты, полученные по ним. Труды САИГИМС, Ташкент; 1978, вып. 4, с. 92-98.
19. Церетели Э.Д., Церетели Д.Д. Вопросы инженерно-геологического районирования горных территорий по условиям развития оползневых процессов (на примере Грузии). Материалы научно-технич. конф. "Разработка методов прогнозн. оценки развития оползнев. процессов в условиях горноскладчат. областей Альпийск. орогена". Тбилиси: Мецниереба, 1978, с. 114-125.
20. Церетели Э.Д., Церетели Д.Д., Курдадзе М.З. Некоторые методические направления в изучении регионального режима экзогенных геологических процессов, применяемые на территории Грузии. "Теоретич. и методич. проблемы повышения качества и эффективности инженерно-геологич. исследований. Тема II - Современ. состояние теории инженерно-геологич. исследований. Тез. докл. Всесоюзн. конф.". Ростов н/Д, 1980, с. 168-172.
21. Флейшман С.М. Сели. Л.: Гидрометеиздат, 1978, 283 с.
22. Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. М.: Недра, 1980, 296 с.

Глава 2

ОПЫТ РЕГИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПЛОТИН ГОРНЫХ ОЗЕР СРЕДНЕЙ АЗИИ И ХАРАКТЕР ФОРМИРОВАНИЯ ПРОРЫВНЫХ СЕЛЕЙ

В горных районах Средней Азии в пределах СССР в настоящее время насчитывается около 3 тысяч больших и малых озер в основном с площадью зеркала воды менее 1 км² (рис. 2.1). По генезису и морфологии котловин горные озера можно подразделить на четыре основные группы: тектонические, гляциогенные, гидрогенные и завальные. Тектонические озера приурочены к платформенным прогибам, межгорным и внутригорным впадинам, разломам и сбросам, в большинстве своем являются бессточными, практически не прорывоопасны. Гляциогенные озера, образование которых связано с проявлением современного и древнего оледенений, подразделяются на четыре типа: ледниковые, каровые, моренные и зандровые. Котловины завальных озер образуются при запруживании долин рек в результате горных обвалов, оползней, выноса из притоков более мелкого порядка, схода лавин. Гидрогенные озера образуются при действии речных и подземных вод, представлены карстовыми, суффозионными и термокарстовыми формами.



4685

5387

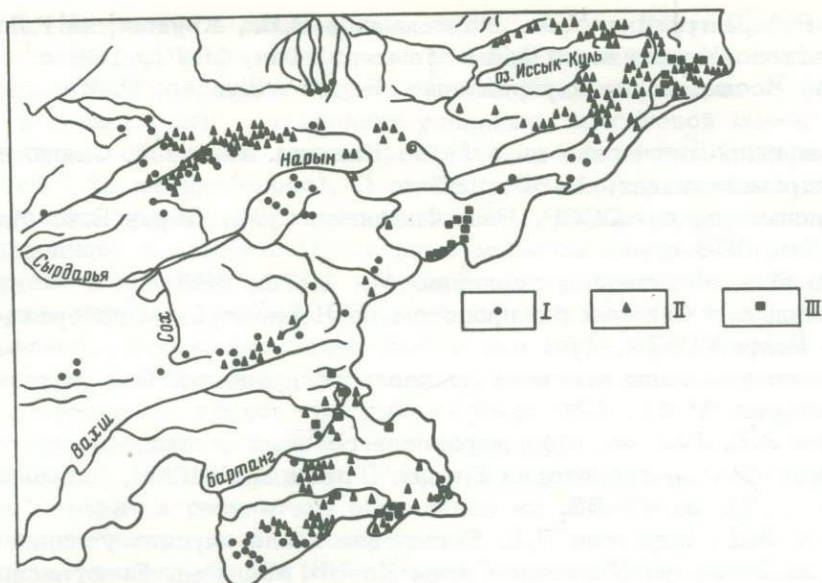


Рис. 2.1. Схемы распространения горных озер Средней Азии. Типы горных озер: I – завальный тип озер; II – гляциогенные озера; III – тектонический тип озер

В распределении различных типов озер по высотным зонам наблюдаются определенные закономерности. В самых верхних зонах распространены озера гляциогенного происхождения, максимальное число и наибольшие площади зеркала которых приходится на интервал высот от 4000 до 5000 м. Здесь расположено более четверти числа озер, составляющих треть их площади. Нижняя граница распространения озер этой группы доходит до 2200 м высоты, где встречаются озера, происхождение которых связано с развитием древнего оледенения. Интервал высот от 3500 до 5500 м – зона наибольшего распространения озер, обусловленных деятельностью современного и древнего оледенения Памиро-Алая. Термокарстовые озера сосредоточены в более узком интервале высот 3000–4500 м. Ареал озер определяется границами распространения зон вечной мерзлоты [7]. Большинство озер этого типа находится на интервале высот от 3000 до 3500 м.

Завальные озера расположены в интервале высот от 1500 до 4000 м и приурочены в основном к определенным геологическим структурам (рис. 2.2). Молодые дифференцированные поднятия гор Средней Азии характеризуются широким развитием горных обвалов, большинство из которых определяется сильной сейсмичностью района. С наиболее крупными обвалами связаны подпружные (завальные) озера. Всего в данном регионе насчитывается более 50 завальных озер с плотинами объемом от 0,1 млн.м³ до 2,2 млрд.м³ грунта.

Исследования распространения озер данного типа позволили выявить ряд закономерностей. Большинство их характеризуется определенной приуроченностью к тектоническим разрывным элементам, причем, часто колоссальные по объему завалы соседствуют с небольшими. Так, в зоне Зулумрат-Кызылдагского глубинного разлома на Памире расположено самое крупное завальное Сарезское озеро с плотиной объемом в 2,2 млрд.м³, в этой же зоне имеется ряд других озер – типа безымянного озера в долине р. Танымас, с объемом завала менее 0,06 млн.м³. Для Северо-Памирского поднятия характерно сочетание различных по объему кратковременных завальных перекрытий различной площади. Для Чаткало-Кураминского региона также характерно сочетание разномасштабных, рядом расположенных завальных плотин, например, озера Ихнач (среднее) объемом более 100 млн.м³ и Ихнач (верхнее) – 50 тыс.м³, ниши отрыва обвалов приурочены к единой фронтальной зоне Бодакского надвига. Масштабы обвальных процессов и объемы завала, соответственно, определяются, по-видимому, "рангом" пересекающегося или сочленяющегося с основной зоной нарушения разломом, его мощностью и размерами. Ос-

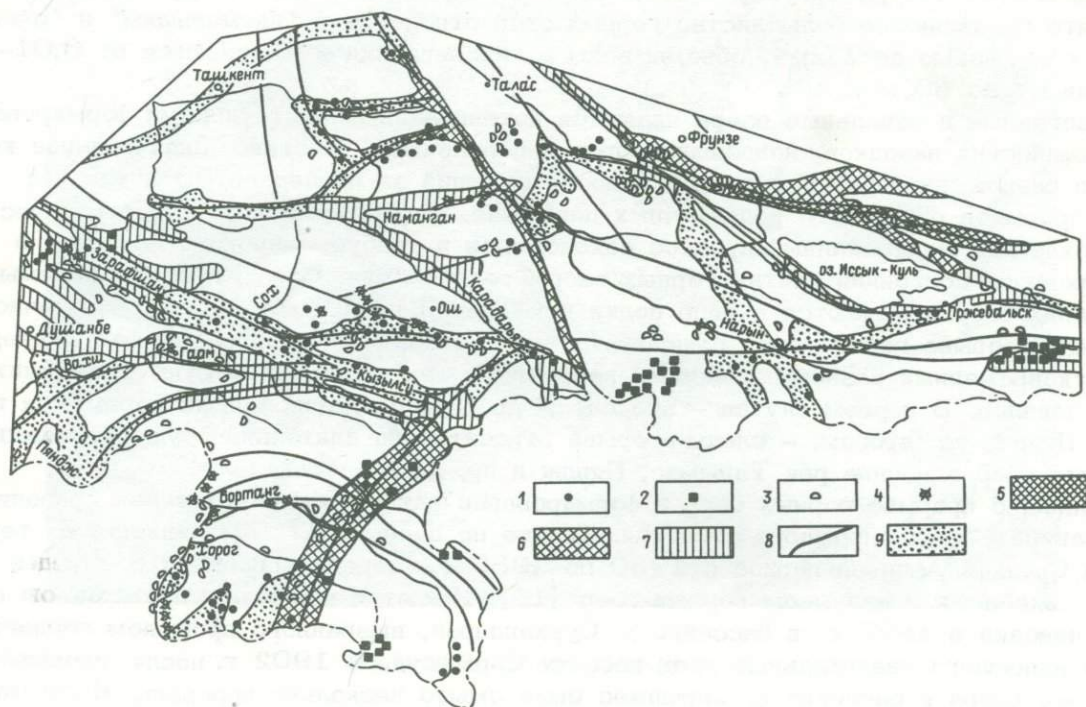


Рис. 2.2. Схема приуроченности горных озер (завального типа) к зонам глубинных разломов и участкам повышенной современной тектонической активности. Горные озера и завалы: 1 - завальные озера, сформированные в результате перекрытия обвалами долин горных рек; 2 - тектонический тип горных озер; 3 - грандиознейшие обвалы, не сформировавшие озера; 4 - прорывные обвальные перемычки долин рек. Зоны глубинных разломов и участки повышенной современной тектонической активности (по В.Н. Крестникову, Т.П. Белоусову и др., 1979 г.) с очагами землетрясений с: 5) - $M = 8,0$; 6) - $M = 7,4-7,9$; 7) - $M = 6,8-7,3$; 9) - $M = 6,0 - 6,7$; 8) - зоны глубинных разломов

новой причиной неравномерного распределения завальных озер является разная степень готовности склонов к обрушению. Исследования, распределения завальных озер Средней Азии позволили выявить приуроченность мест формирования оползне-обвальных перемычек (мест отрыва на склоне) к определенным структурно-тектоническим элементам (дизъюнктивные узлы, пункты схождения или пересечения активных разломов, места пересечения разломов и антецендентных долин). Основным источником большинства завальных участков на склонах. Отсюда очевидна прямая зависимость размеров завалов от "ранга" разлома. Чем крупнее отчленяющий массив разлом, тем более мощной является зона тектонического дробления пород. Этой зависимости подчиняются все крупные площади горных озер Средней Азии.

Размеры озерных котловин колеблются также в весьма широких пределах. К "большим" и "очень большим" водоемам относятся озера тектонического происхождения, такие, как Иссык-Куль, Каракуль, Сонкуль, Чатыркуль. К "наименьшим" водоемам относится подавляющее большинство ледниковых и каровых озер, площадь зеркала которых в редких случаях превышает $0,1 \text{ км}^2$. Наиболее крупным каровым озером является оз. Зоркуль в бассейне р. Исфайрамсай, площадью - $0,46 \text{ км}^2$. Несколько большие площади зеркала

имеют моренные озера – до $1,2 \text{ км}^2$, однако в большинстве своем также не превышают $0,1 \text{ км}^2$. К ним близки по своим размерам термокарстовые, карстовые и суффозионные озера. Площади зеркала завальных озер колеблются в значительных пределах и могут достигать размера "средних": Сарезское – 86 км^2 , Яшилкуль – 36 км^2 . Однако в основном и они также относятся к "очень малым" и "наименьшим". С площадью зеркала от 1 до 5 км^2 насчитывается немногим более десятка водоемов: Айкуль – $1,01 \text{ км}^2$, Каратоко – $1,07 \text{ км}^2$, Маргузар – $1,12 \text{ км}^2$, Карасу – $4,17 \text{ км}^2$ и другие. В связи с тем, что подавляющее большинство горных озер относится к "наименьшим" и "очень малым" с площадью до 1 км^2 , объемы воды в них невелики и изменяются от $0,01$ – $0,02 \text{ млн. м}^3$ до 60 млн. м^3 .

Гляциогенные и завальные озера являются потенциальными источниками формирования катастрофических паводков, наносящих порой непоправимые бедствия. Значительное количество следов прорыва горных озер и последовавший за последнее 30-летие ряд свежих прорывов различного рода речных перемычек с формированием катастрофических селей показывают, что данный процесс закономерен и требует широкого изучения в целях прогноза состояния плотин горных озер Средней Азии. Следы прорыва перемычек древних озер отмечаются в ряде долин рек Тянь-Шаня и Памиро-Алая: многочисленные следы прорыва горных озер отмечаются на Памире, где установлены факты прорыва как кратковременных разногенетических перемычек, так и длительно существовавших горных завалов. В первом случае – это следы прорыва многочисленных перемычек в долине р. Пяндж, во втором, – следы прорыва относительно длительно существовавших завальных озер в долине рек Танымас, Пяндж и др. [19].

Сведения о прорыве горных озер и формировании катастрофических селей приводятся в литературе с конца прошлого столетия. Только по данным Н.Г. Маллицкого, на территории Средней Азии за период с 1930 по 1980 г. зарегистрировано 8 случаев паводков, связанных с прорывом горных озер [15]. Имеются данные о прохождении селевого паводка в 1896 г. в бассейне р. Сурхандарьи, вызванного прорывом горного озера и нанесшего значительный урон поселку Сарыджуй. В 1902 г. после прорыва завального озера в бассейне р. Сарыджас было смыто несколько деревень. Известны неоднократные завалы в долине р. Зарафшан, в 1980 г. у селения Зайсун выше впадения р. Фандарья было спущено искусственное озеро объемом в 20 млн. м^3 , в конце 1926 г. образовался завал несколько меньших объемов выше селения Зайсун с последующим постепенным спуском озера, и, наконец, Айинский завал 1964 г. с организованным спуском озера объемом в 19 млн. м^3 , предотвратившим катастрофу в долине р. Зарафшан [18]. Отмеченные факты можно дополнить случаями недавнего прорыва завальных плотин озер Иссык-Куль (1963) и Яшинкуль (1966) с катастрофическими селепроявлениями. Особенно примечателен в отношении формирования селей прорывного характера правобережный приток р. Исфайрам бассейна р. Тегермач северного склона Кичик-Алая со следами прорыва двух мощных завалов, расположенных в $1,5$ и 6 км от устья [12]. Здесь же на высоте 2616 м располагается прорванное 18 июня 1966 г. озеро Яшинкуль. Характерным для Тегермача являются также и прорывы моренных озер. Во всех случаях прорывов разногенетических перемычек селевая ситуация создавалась сложным взаимодействием гидролого-климатических и геологических условий как формирования перемычек, так и последующей их эволюции. Плотина прорванного озера (рис. 2.3) Яшинкуль в долине р. Тегермач была образована мощной оползне-обвальной перемычкой (рис. 2.4).

Оползне-обвальная масса перекрыла конечноморенный комплекс и создала плотину высотой в 120 – 170 м и объемом около 20 млн. м^3 . В геологическом строении склона принимают участие кварцитовидные песчаники с прослоями сильно трещиноватых сланцев нижнего-верхнего силура. Участок формирования обвала расположен в зоне переслаивания пород палеозоя и контролируется сочленением серии разломов, тектоническими и литогенетическими трещинами. На пересечениях разломов метаморфизованные образования нижнего и верхнего силура раздроблены наиболее интенсивно. Активизация разломов в четвертичный период обусловила повышенную трещиноватость и на участках между ними, где очень много крупных тектонических трещин протяженностью в сотни метров. Основной причиной образования завала послужило мощное землетрясение: об этом свидетельствует срыв привершинной части склона. Разгрузка склона произошла в наибо-



Рис. 2.3. Озеро Яшинкуль до прорыва

лее ослабленной части массива. Элементы ослабления представлены зоной дробления Капчагай–Тегерманского разлома, где сам разлом выполнил роль отчленяющего элемента, тектонические трещины и трещины напластования – роль подсекающего элемента. Превышение головной стенки отрыва оползня–обвала над долиной Тегермач составляет 950 м, ширина ниши в верхней части достигает 200–250 м, у основания 500–700 м [24], глубина захвата пород смещением составляет 80–100 м. Современные накопления в теле плотины представлены глыбами до 0,5 м – 15%; 0,5–1,0 м – 5%; 1,0–1,5 м – 10%; 1,5–3,0 м – 10%; щебенкой – 20% и мелкоземлистым заполнителем до 40%.

По линии "ниша отрыва – завал" прослеживаются четыре морфологические зоны: зона отрыва и смещения оползневого массива, зона спорадического развития остаточной оползневой ступени, зона основного транзита и зона аккумуляции. Особый интерес представляет зона транзита, которая носит следы как оползневого смещения всей массы, так и свободного полета с уступа. Протяженность зоны составляет 350–400 м, профиль сильно денудированный, крутой (до 40–50°) с четко выраженной ложкообразной транзитной частью склона. Отложение оползневого материала в пределах описываемой зоны почти не происходило, что свидетельствует о быстром смещении всей массы. Перегиб склона в нижней части, выполнивший роль "трамплина", обусловил выброс оползневой массы и полную закупорку долины с незначительным запрокидыванием головы оползня на противоположный борт, что обычно характерно для завальных плотин. Характер прорыва завальной плотины оз. Яшинкуль свидетельствует, что нестабильное состояние перемычки было генетически обусловлено как в процессе смещения и аккумуляция оползне-обвальной массы, так и в течение всего периода существования завала (130–133 лет). Наличие "трамплинного" участка у основания склона и переброс оползневой массы в долину р. Тегермач обеспечило "скачкообразное" смещение рыхлообломочных масс объемом в 20 млн. м³, дезинтеграцию всего массива до мелкообломочного однородного состояния. Происшедшее полное перекрытие долины реки обвалом обусловило плотное примыкание головы завала к левому борту Тегермача и мощное перекрытие подножий правого склона. Дезинтеграция всей массы при смещении создала соответствующую однородность завала и отсутствие в разрезе линз и прослоек материала более крупной фракции. В

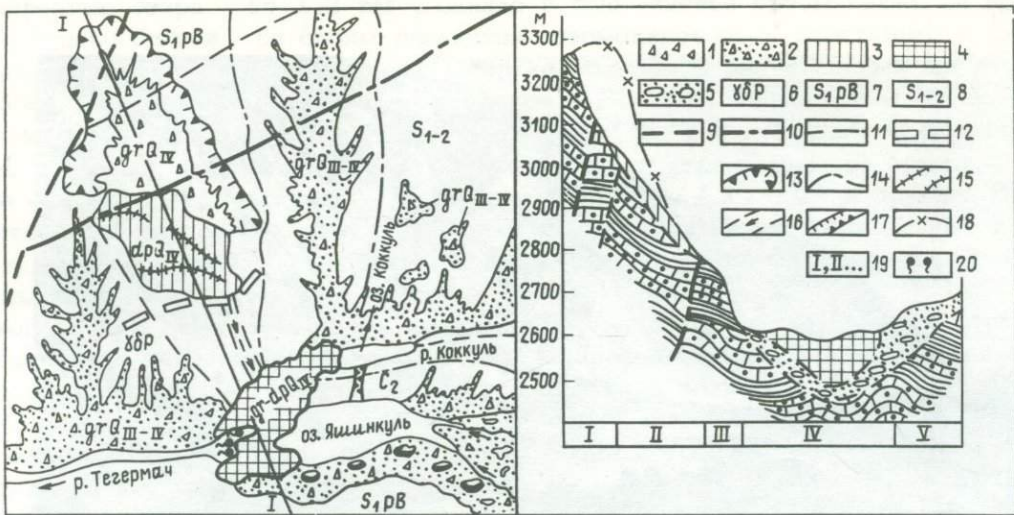


Рис. 2.4. Схема условий образования оползне-обвального перекрытия в долине реки Тегермач.

Четвертичные отложения: а) обвально-осыпные накопления: 1 – современные щебнистые с крошкой сланцев и отдельными глыбами кварцевидных песчаников, сформированные в нише отрыва; 2 – верхнеплейстоцен-голоценовые нерасчлененные щебнисто-глыбовые с крошкой сланцев, местами гранодиоритов и суглинистым заполнителем средней плотности; б) оползне-обвальные: 3 – современные щебнисто-глыбовые с суглинистым заполнителем, представляющие остаточную оползневую ступень; 4 – современные оползне-обвальные щебнисто-глыбовые отложения, перекрывшие долину р. Тегермач; в) гляциальные: 5 – верхнеплейстоценовые конечно-моренные отложения, представленные валунами, щебенкой с плотным супесчано-суглинистым заполнителем.

Палеозойские отложения: 6 – гранодиориты серого цвета, поликристаллические, массивные, слабо трещиноватые, верхнепалеозойского возраста; 7 – нижнесилурийские песчаниково-сланцевые отложения, падающие по склону; 8 – ниже-верхнесилурийские отложения, представленные толщей кварцитовидных песчаников с прослоями сланцев.

Структуры: Разрывы: 9 – Капчагай-Тегермачский разлом раннепозднегерцинского возраста; 10 – Джумасуйский разлом позднегерцинского возраста; 11 – локальный разлом с неустановленной морфологией.

Геоморфологические элементы: 12 – участок перегиба склона; 13 – современная ниша отрыва оползня-обвала; 14 – линия местных водоразделов; 15 – разрастающиеся трещины в теле остаточной оползневой ступени; 16 – ложкообразная выемка в зоне транзита оползня-обвала; 17 – зона пропила склона, по которой выклинивается вода из озера Коккуль в озеро Яшинкуль; 18 – реконструируемый участок склона. Морфологические зоны; 19 – типы зон: I – зона отрыва и смещения оползневой массы; II – зона промежуточной аккумуляции; III – зона основного транзита оползне-обвальной массы; IV – зона разгрузки и формирования завальной плотины; V – зона примыкания головы оползня-обвала к противоположному борту; 20 – родники, выклиниваемые в нижнем бьефе завальной плотины

то же время рассматриваемый механизм смещения обеспечил создание определенной ослабленной зоны у основания завала на границе с перекрытыми плотными верхнечетвертичными моренными отложениями, что, вероятно, объясняется дифференциацией скорости смещения оползне-обвальных масс по склону. Недоуплотнение грунта у основания завальных перемычек характерно для большинства естественных плотин, что подтверждается материалами разведки завального перекрытия в долине р. Зарафшан [23]. Это объясняется динамикой смещения оползне-обвальных масс, часть которых, двигаясь по контакту со склоном, как бы запаздывает и находится в тени движения. В зоне аккумуляции эта часть массива испытывает меньшие динамические нагрузки и характеризуется более низкой плотностью. Данная зона на всем протяжении существования за-

вальной плотины обеспечивала постоянную фильтрацию воды из озера, сопровождаемую интенсивной суффозией. Об этом свидетельствуют три высокодебитных родника, расположенные в нижнем бьефе плотины и обеспечивавшие интенсивный рост оврага в теле завала.

Таким образом, в процессе формирования завальной плотины оз. Яшинкуль породы у основания перемычки характеризовались определенной недоуплотненностью, что в последующем сыграло одну из главных особенностей нарушения стабильности плотины. Ко времени прорыва плотины оз. Яшинкуль 18 июня 1966 г. уровень воды в озере стоял на 1,5 м ниже гребня плотины. Процессы суффозии у основания плотины вдоль ослабленной зоны вызвали, по всей видимости, к моменту пикового состояния уровня воды определенные нарушения не только со стороны нижнего бьефа, где интенсивно происходил рост оврага (фотографии 1954 г. свидетельствуют, что голова оврага отстояла от верхнего бьефа на расстоянии 50–60 м), но и внутри самого завала. Последнее также было обусловлено все увеличивавшейся недоуплотненностью крупнообломочных пород у основания, в которых за счет суффозии значительно увеличивалась пористость. Такие породы, как известно, обладают способностью просадки во время сейсмических воздействий [11]. Отклики известного ташкентского землетрясения, происшедшего 26 апреля 1966 г., и последовавшие после этого сильные афтершоки (7 баллов) 9 и 24 мая, 5 июня, вызвали проседание гребня плотины у вершины оврага. В голове оврага, прорезавшего плотину со стороны нижнего бьефа, в результате резкого подъема уровня воды озера в течение I и II декад июня, увеличилась фильтрация и суффозия. Вертикально стоящие стенки оврага высотой в 50–60 м начали деформироваться и обрушаться. Интенсивные обрушения достигли своей кульминации к 15 часам 18 июня 1966 г., когда из стенок начали вываливаться отдельные глыбы и обваливаться уступы бортов. Прогрессирующая в голове оврага ниша к этому времени достигла такого размера, что не могла удерживать кровлю перемычки, ранее просевшую и оконтуренную трещинами. В 16–17 часов кровля обрушилась. Мгновенно просевший участок оказался на 3 м ниже минимальных отметок всего гребня, и на данном участке начался перелив. Одновременно на участке наибольших деформаций в голове оврага под все увеличивающимся напором столба воды в 100 м произошло выдавливание 20–25-метрового участка завала. Огромная масса воды объемом 6,5 млн. м³, разрушив центральную часть плотины, выдавив и размыв примерно 2,5–3,0 млн. м³ грунта, обрушилась в долину р. Тегермач (рис. 2.5).

При прорыве плотины оз. Яшинкуль образовалось два мощных паводковых вала – один “мутный” высотой более 10 м, второй более светлый, несколько меньший по высоте. К 17–18 часам спуск воды из озера прекратился. Ширина образовавшегося прорыва по верху составила 280–340 м, по низу – 50–60 м. Глубина вреза в районе гребня достигла 90 м. Прорывной паводок расходом до 5000 м³/с по мере продвижения по долине р. Тегермач уже на расстоянии 1,5 км от завала трансформировался в водокаменный селя, высота фронта потока в створе селения Нурлоу составляла 10–12 м. Твердая составляющая селевого потока практически отложена в промежуточной зоне озеровидного расширения, и дальнейшего развитие селя получил уже ниже первого заторного участка, где расходы достигли несколько иных значений – 1200–1400 м³/с. Селевой поток разгрузился в долине реки Исфайрамсай, перегородив ее мощным конусом выноса. Средняя скорость продвижения селя по долине р. Тегермач достигла 6,0–6,5 м/с, а максимальная высота головного вала на каньонообразных участках долины доходила до 15–18 м. Диаметр влекомых наносов, судя по отложившемуся материалу у заторных участков, составил 3,5–4,0 м. Временное озеро, сформировавшееся за конусом выноса, прорвалось, и возникший паводок прошел по всей долине Исфайрам. У селения Шигай в 3 км от выхода р. Тегермач максимальный расход составил 1600 м³/с, а в зоне гидроста Учкорган (расстояние 32,5 км пути) – 2000–2200 м³/с. Средняя глубина потока достигла 5–6 м, местами 3,5–4 м, ширина от 65 до 128 м (с. Пальман), скорость движения от 3,4 до 5,01 м/с. В 19 час 50 мин селевой поток мощностью 5–6 м и расходом в 2 тыс. м³/с прошел у селения Пальман (устье Исфайрамсай). Прорыв завальной плотины оз. Яшинкуль, а также значительное количество следов давних прорывов горных завалов и в других районах Средней Азии, показывает, что на нестабилизированных объектах “завал-озеро” постоянно происходит процесс нарушения устойчивости естественных плотин. Изменение стабильности плотин в зависимости от действующих факторов мо-



Рис. 2.5. Чаша оз. Яшинкуль после прорыва плотины (вид с перевала Калатуран)

жет протекать либо непрерывно, что характерно для гляциогенных озер, либо скачкообразно (завальные озера). Эти изменения наиболее весомо ощущались в исключительно многоводном 1969 г. на завальных плотинах многочисленных озер. Наиболее тяжелая обстановка сложилась в бассейне оз. Ихнач, и только более поздняя весна и относительно низкие температуры воздуха мая-июня (на 4-5° ниже нормы) не позволили сформироваться катастрофическому паводку, способному осуществить прорыв оз. Ихнач. Однако в связи с большим накоплением снега в бассейне (толщиной до 10 м) уровень воды оз. Ихнач-Бол, поднялся на 210 см, что привело к переливу через гребень естественной плотины и началу размыва завала (рис. 2.6). Начавшийся перелив привел к образованию прогрессирующего оврага на теле завала, при этом выработалось русло шириной от 10 до 25 м и глубиной 5-6 м. Повышенные расходы воды были непродолжительны (1-3 июля), что предотвратило размыв завала. Однако развитие оврага на теле завала, наблюдаемое в годы с максимальным наполнением озера и поверхностным отгоком вод через гребень завала, свидетельствует о том, что при значительном накоплении осадков аналогично 1969 г. и длительных периодах высоких температур воздуха возможна высокая концентрация стока, переполнение озера и его прорыв (рис. 2.7). Изменяющаяся климатическая ситуация в последующие годы показала, что на нестабилизированных завалах в будущем возможны резкие нарушения ус-



Рис. 2.6. Завальное оз. Ихнач (большое) со следами перелива воды из чаши озера.

тойчивости материала перемычек. Только в период 1970–80 г. наблюдалось свыше десяти прорывов моренно–ледниковых озер и внутриморенно–ледниковых емкостей. В 1961, 1965, 1968, 1969, 1970, 1971 и 1979 гг. наблюдался прорыв внутриледниковых емкостей на леднике Аксай в бассейне р. Алаарча, в 1974, 1980 гг. – на леднике Ангийсай в бассейне р. Тон; весьма значительные гляциальные паводки произошли в 1977 г. в бассейне р. Исфайрамсай вследствие быстрого опорожнения внутриморенно–ледниковых емкостей и моренного озера [17].

Причиной гляциальных селей в бассейне р. Исфайрамсай летом 1977 г. явились аномальные погодные условия. В конце мая и первой половине июня в предгорных и горных районах Ферганской депрессии отмечались интенсивные ливневые дожди, вызвавшие 29 мая, в ночь с 31 мая и 12–13 июля ряд катастрофических селепроявлений в Наманганской, Андижанской и Ферганской областях. Первая декада июля характеризовалась выходом средиземноморского циклона из Малой Азии и выносом жарких сухих воздушных масс на территорию Средней Азии. Температура воздуха достигала экстремальных значений и на высотах 4000–4200 м в 13 час была равна 8–12°. В то время на станции Кичик–Алай (2360 м) температура была значительно выше средних многолетних норм и достигала 20–28°. Такие погодные условия привели к быстрому сходу сезонного снега, интенсивному таянию ледников, перенасыщению древнеморенных отложений гальными водами и заполнению внутриледниковых и внутриморенных емкостей. 12 июля по р. Исфайрамсай прошел селевой паводок с максимальным расходом воды

5387

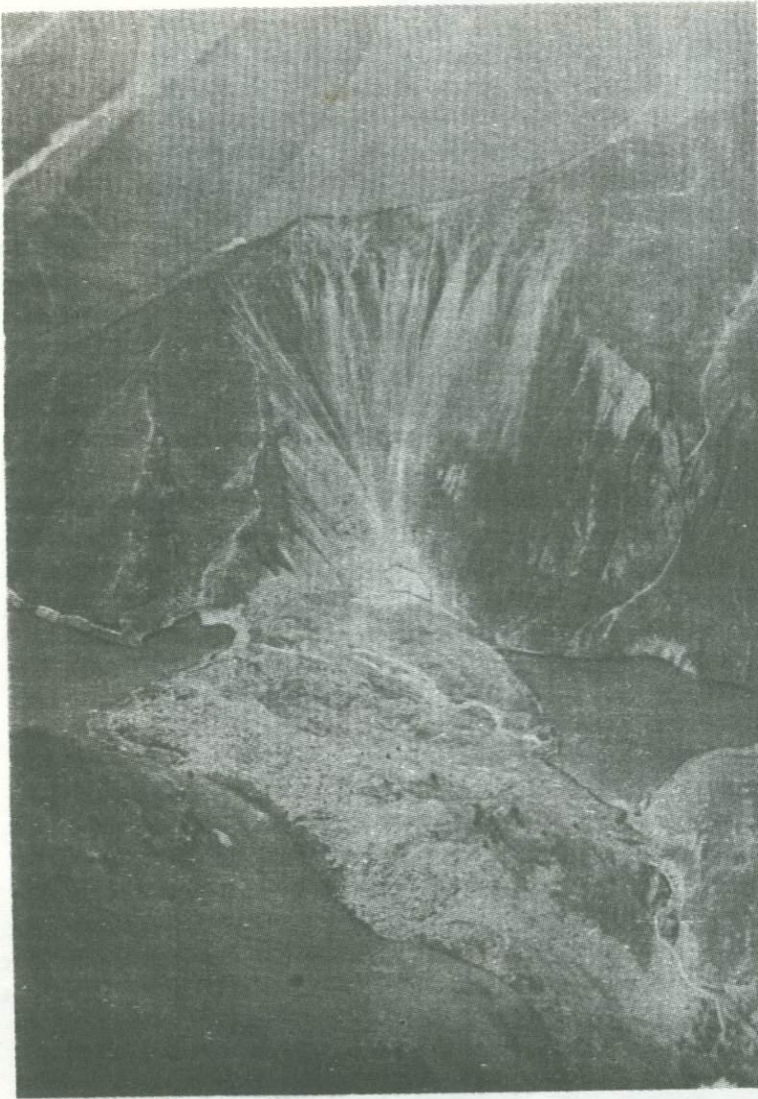


Рис. 2.7. Следы перелива воды на завале, подпрудившем озеро Ихнач (большое и малое)

286 м³/с. Причиной паводка, как было установлено при аэровизуальном обследовании бассейна р. Исфайрамсай 13 июля, послужил гляциальный сель, прошедший по р. Тегермачсай и затем по Исфайрамсаю. На перегибе русла реки от пологого участка к крутому произошел размыв рыхлообломочных моренных отложений, полностью заполняющих всю долину реки ниже циркообразного расширения в ее верховьях. В нижней части этого расширения в это время на участке пологого русла шло наполнение тальми водами моренного озера среди валов древнеледниковых отложений [16]. В результате оползневого смещения около 1 млн. м³ флювиогляциальных отложений и материала осыпей были вскрыты водообильные горизонты морен на левом склоне долины и созданы условия для быстрого опорожнения внутриморенно-ледниковых емкостей. Характер дальнейшего развития явления представляется следующим: нарушение связей в системе "борта долины-русло реки" привело к быстрому водонасыщению рыхлых отложений в русле и образованию грязекаменного селя. Пройдя 7 км по узкому руслу реки до впадения ее в чашу оз. Яшинкуль, сель проделал огромную работу по переформированию русла и бортов долины (русло заглублено в селевые отложения на 5-10 м).

После проведения аэровизуального обследования селевого очага было сделано заключение о возможности новых гляциальных паводков в бассейне р. Тегермачсай при повторении затяжных периодов жаркой погоды, в связи с нарушением равновесия системы "русло-древнеморенные отложения с образовавшимся моренным озером". Высказанное предположение о повторном селе подтвердилось в течение первой недели. 17 июля прошел второй гляциальный сель, более мощный, чем первый. В период 13-17 июля



Рис. 2.8. Селевой очаг формирования прорывного типа селей во внутри-моренном комплексе долины р. Ирису (хребет Кичик-Алай)

происходило дальнейшее развитие селевого вреза в русле вследствие интенсивной глубинной и пятящейся эрозии, накопления талых вод в толще моренных отложений и наполнения моренного озера, площадь которого достигла $0,03 \text{ км}^2$, а объем $0,17 \text{ млн. м}^3$. При максимальном наполнении озера произошел прорыв перемычки между озером и головой эрозионного вреза и быстрое его опорожнение, что послужило причиной образования нового селя (рис. 2.8). Если селя 12 июля отличался невысокой насыщенностью твердым материалом, который отложился в основном ниже эрозионного вреза в пойме реки, а по долине прошел наносоводный селевой паводок, то 17 июля воды прорвавшегося озера послужили смазкой для обломочного материала, который в виде каменно-водяной пульпы прошел по всей долине р. Тегермачсай до ее устья. Грязекаменный селя транспортировал материал на расстояние 25 км от селевого очага и отложил его в виде мощного конуса выноса, перегородив при этом русло р. Исфайрамсай. Грязекаменная плотина вызвала подпор как в русле р. Исфайрамсая, так в русле Тегермачсая, сток

р. Исфайрамсай был отсечен и пошел на наполнение подпрудного озера. Избыток стока по р. Тегермачсаю возместил этот недостаток ($55-60 \text{ м}^3/\text{с}$), и расходы в нижнем течении реки не претерпели существенных колебаний. Начавшийся перелив и размыв левой части вновь образовавшейся плотины не принял катастрофического характера, и спуск вод подпрудного долинного озера происходил постепенно.

Наряду с прорывами завальных и моренных озер на территории Средней Азии весьма распространенными являются прорывы озер, образующихся в результате временного подпруживания основных и боковых долин при пульсирующих подвижках ледников на общем фоне их деградации или относительной стабилизации, а также в результате обрушения переднего края языка ледника. Ледниковые озера недолговечны, и их прорывы нередко приводят к катастрофическим паводкам. Наиболее ярким примером прорывов озер, подпруженных ледниковыми плотинами, являются прорывы оз. Мерцбахера. Озеро расположено в районе горного узла Хан-Тенгри между языком ледника Северный Иньлечек и бортом ледника Южный Иньлечек, который служит водоудерживающей плотиной. Практически ежегодно в августе-сентябре наблюдается прорыв озера, вызывающий мощные паводки в долине рек Иньлечек и Сарыджас. Объемы прорвавшейся водной массы составляют $120-240 \text{ млн. м}^3$, а максимальные расходы достигают $2000 \text{ м}^3/\text{с}$ [6]. Прорыв озера осуществлялся по внутриледниковым туннелям, образующимся в теле ледника Иньлечек при достижении уровня воды в озере критических отметок [1]. Образование временных подпрудных озер в результате пульсации ледников явление весьма характерное для верховьев долины р. Ванч на Памире. В 1910 г. в результате подвижки ледника в долине р. Абдукагор образовалось озеро объемом 70 млн. м^3 , при прорыве которого по долине р. Ванч прошел катастрофический паводок [9].

В апреле 1963 г. в результате подвижки ледника Медвежий в долинах рек Абдукагор и Дустирог образовалось озеро. Сформировавшийся в результате прорыва 19 июня катастрофический селя произвел разрушительную работу по всей стокилометровой долине Ванча [21]. Результаты исследований, проведенные под руководством Л.Д. Долгушина на леднике Медвежем, позволили дать прогноз о возможных его подвижках в 1973-1974 г.г., который подтвердился в апреле 1973 г. За двадцать дней ледник продвинулся на 1400 м. По данным съемки и наблюдений к 19 июня 1973 г., объем воды в озере составлял $17,5 \text{ млн. м}^3$ при глубине 106,6 м. При прорыве ледяной плотины 20 июня максимальные расходы воды составили $1100 \text{ м}^3/\text{с}$, а при повторном прорыве 3 июля - $1600 \text{ м}^3/\text{с}$ [10]. Проведенные исследования на леднике Медвежем показали возможность успешного прогнозирования пульсации ледников, а следовательно, и образования ледниковых прорывоопасных озер. Прорывы временных озер, образующихся в результате обрушения сводов в теле ледника или при просадках ледникового субстрата, а так же как результат гляциотектоники и явлений термокарста весьма характерны для концевых ледниковых зон Средней Азии.

22 июля 1967 г. на леднике Имат (бассейн р. Зарафшан) произошел обвал фронтальной зоны. При этом передний край с поверхностной мореной перекрыл ледниковый поток, вытекающий из-под ледника. Сток прекратился, через 4 часа из-под ледяной плотины начала фонтанировать вода, а еще через полчаса плотину сдвинуло, раздробило и понесло вместе с вырвавшимися значительными объемами воды. В результате прорыва и прошедшего селя за 3 часа было вынесено 8500 м^3 наносов, что в 2 раза превышает годовой объем твердого стока р. Имат [20]. Во всех наблюдаемых случаях прохождение гляциальных селей сопровождалось резким сокращением или прекращением перед селом стока воды в реке.

С июня 1966 г., после прорыва завальной плотины оз. Яшинкуль, начались планомерные исследования состояний горных озер Средней Азии. Работы носят региональный характер и проводятся совместно специалистами инженерами-геологами и гидрологами. В процессе этих работ изучались генезис плотин, морфометрия озер, производился анализ динамики уровня озера, оценивалась возможность перелива вод из чаши озера. Наряду с этими работами давалась качественная оценка состояния плотин. Все это позволило рекомендовать по ряду озер с сомнительным состоянием плотин развернуть и в дальнейшем провести детальные инженерно-геологические и гидрологические работы.

Отсутствие детальных наблюдений за различного рода прорывами озер, невозможность достаточно корректного моделирования подобных процессов при современной их изу-

ченности, обусловили разработку критериев, на основе которых можно было бы с некоторыми допущениями обоснованно делать выводы о прорывоопасности того или иного озера. Факторы, вызывающие или способствующие прорыву, могут быть подразделены на морфологические, инженерно-геологические, климатические и гидрометеорологические. К морфологическим факторам относятся тип котловины по морфогенезису, объемы чаш озера и внутриледниковых емкостей, глубина, превышение плотины над уровнем воды в озере, разность объемов при самоизлиянии и уровне высоких вод, форма перекрытия и степень перекрытия долины реки естественной плотиной (полное, прибортовое). К инженерно-геологическим факторам относятся тип, объем, механизм образования речных перемычек, геолого-литологическое строение участка формирования и долины, особенности и условия процессов фильтрации и суффозии.

К климатическим факторам относятся количество осадков в зимне-весенний период и температура воздуха в период наибольшего наполнения озер, площадь современного и древнего оледенения, пульсация ледников, процессы абляции ледников и снежников, положение нулевой изотермы, интенсивность наполнения и опорожнения водоемов. Величины показателей удельного водосбора (отношение площади водосбора к площади озера), условного водообмена (отношение объема притока к объему озера) в сочетании с морфологическими особенностями котловины, условиями оттока из озера (фильтрация, перелив) и их изменения указывают на состояние водоудерживающих плотин и возможность появления критических ситуаций.

Как отмечает К.Г. Макаревич [14], при рассмотрении факторов формирования гляциальных селей исследования по изучению причин селеобразования должны осуществляться в следующих основных направлениях: гляциологическом, геолого-геоморфологическом, геокриологическом и гидрометеорологическом. В любом случае, анализируя набор факторов, обуславливающих прорывоопасные ситуации в режиме озер, следует сказать, что в настоящее время нет какой-либо единой точки зрения в отношении методов прогноза данного явления. Для каждого конкретного типа необходимо иметь набор локальных прогностических признаков, которые выражаются рядом качественных и количественных оценок инженерно-геологических, морфологических и гидрометеорологических факторов, определяющих прорывоопасность водоемов.

Образование озер, связанное с подпруживанием вод ледяными плотинами в результате пульсации ледников или откалывания их языков, само по себе является сигналом о возникновении прорывоопасной ситуации. Прогнозирование сроков прорыва озер, подпруженных ледниковыми плотинами, строится на материалах наблюдений за наполнением озера и состоянием ледяных плотин [3, 10, 21]. Прогноз прорыва завальных и моренных озер дать значительно труднее, так как эти озера существуют на протяжении десятков и сотен лет. В результате проведенных обследований завальных озер Средней Азии была получена зависимость между морфологическими характеристиками озер, водосборных бассейнов и гидрометеорологическим их режимом. Интегральной характеристикой водного режима озер является уровень воды. Достаточно хорошей морфометрической характеристикой, определяющей гидрологический режим водоема, является показатель удельного водосбора или отношение площади водосбора к площади зеркала озера. Для различных по характеру сточности (поверхностный отток, фильтрация сквозь тело завала или их сочетания) завальных озер Средней Азии были получены зависимости максимальной амплитуды колебаний уровня от коэффициента удельного водосбора (рис. 2.9). Точки, соответствующие озерам Сарезское, Шавурколь, Ихнач, Яшинкуль (прорвалось в 1966 г.), аномально отклонились от зависимости, соответствующей водоемам с фильтрационным оттоком вод. При достижении критических отметок уровня озера начинают функционировать как проточные, что указывает на значительную величину скважности завалов и позволяет отнести их к разряду потенциально прорывоопасных. Прогноз прорыва завальных озер может быть дан при постоянном наблюдении за состоянием завалов, режимом фильтрации, а также гидрометеорологическим режимом водосборного бассейна и водоема. Методика долгосрочного и краткосрочного прогноза прорыва моренных озер рассматривается Ю.Б. Виноградовым [3]. Ряд работ выполнен по изучению и прогнозированию прорывов внутриледниковых и внутриморенных емкостей, а также сбросов вод, аккумулируемых поверхностью ледников и морен, формирующих гляциальные сели.

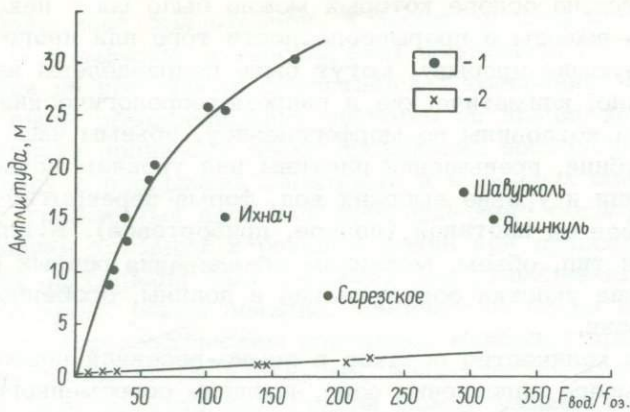


Рис. 2.9. Зависимость амплитуды колебания уровня озера от показателя удельного водосбора: 1 — отток путем фильтрации; 2 — поверхностный отток

Достаточно надежный метод прогноза прорывоопасных ситуаций при наличии гидрометеорологических наблюдений по серии постов ниже моренноледниковых комплексов предложен Ю.Б. Виноградовым [3]. Анализируя аномальные отклонения корреляционных зависимостей средних суточных расходов вод двух соседних водотоков, автор делает вывод о величинах возможной аккумуляции вод в моренно-ледниковых комплексах и возможности их прорыва. О закупорках внутри ледниково-моренных емкостей также свидетельствуют величины снижения расходов при росте теплового показателя.

А.П. Горбунов, анализируя условия формирования гляциальных селей в Заилийском Алатау, приходит к выводу, что в связи с многофакторностью данного явления, прогнозирование гляциальных селей преждевременно [8]. Прогноз селеопасных ситуаций может осуществляться лишь для ледниково-моренных комплексов, где данное явление становится более или менее регулярным и обнаруживаются связи хода метеоэлементов и увеличения стока. Долгосрочное же прогнозирование должно основываться на установлении связей гляциального селеобразования с эволюцией современных ледников.

Г.Н. Голубев, анализируя материалы гидрометеорологических наблюдений и сведения о прохождении гляциальных селей в бассейне р. Герхожансу приходит к выводу, что прогностическими могут явиться следующие метеорологические характеристики: сумма положительных температур воздуха за 10 суток более 165° , устойчивость максимальных температур воздуха в течение 5–7 предселевых суток, при температуре воздуха на языках ледников не ниже $5-6^{\circ}$ [5]. В то же время одной метеорологической информации недостаточно, в связи с чем необходимо проведение комплексных исследований по изучению современных процессов на ледниковых комплексах, оценки подготовленности моренных и флювиогляциальных отложений к обрушению, оползанию, смыву и транзиту. Предложенные Г.Н. Голубевым прогностические критерии не являются сугубо локальными и могут быть использованы при прогнозировании прорывоопасных ситуаций различных моренно-ледниковых комплексов с учетом их особенностей. Так, для прогнозирования гляциальной селевой опасности в верховьях бассейна р. Тегермач, по нашим наблюдениям, необходима следующая синоптико-метеорологическая ситуация: предселевая декада характеризуется выходом средиземноморского циклона из Малой Азии, который сопровождается выносом жарких сухих воздушных масс: сумма средних суточных температур воздуха за декаду по метеопоязии Кичик-Алай (Н-2360 м) более 180° и по метеостанции Хайдаркан (Н-1970 м) более 200° ; температура воздуха на концах языков ледников не ниже 8° ; положение нулевой изотермы выше 4500 м.

Расчет периода гляциальной селеопасности гипотетического водоема был выполнен В.П. Чистяевым [22]. Автор рассчитывает хронологический ход теплового и водного факторов за период абляции. В качестве прогностических предикторов были использованы температура воды гипотетического водоема различной глубины; сумма температур воды за различные интервалы времени, суммарный объем воды в ледниково-моренном комплексе с начала абляции, интенсивности его накопления. Проверка метода для ледниково-моренного комплекса Туюксу показала его хорошую оправдываемость [22].

Среди профилактических мер по предотвращению прорывов озер следует выделить инженерные меры по ликвидации прорывоопасных озер или укреплению водоудерживающих

плотин и систему информации по предупреждению о состоянии прорывоопасных озер. Анализ материалов исследований причин прорыва оз. Яшинкуль, а также данные более древних прорывов горных озер показывают, что яшинкульской катастрофы могло бы и не быть, если бы это озеро (как и другие подобные озера) находилось под постоянным наблюдением. Располагая определенной материально-технической базой и современными методами исследований, можно полностью предотвратить катастрофы, связанные с прорывом завальных и моренных озер. Затраты средств на изучение горных озер, разработку и осуществление инженерных мер защиты по сравнению с ущербом от прорывов озер крайне невелики. Достаточно сказать, что расходы, связанные с решением проблемы предотвращения прорыва горных озер на территории всех среднеазиатских республик (исключая Сарезское озеро), не превысят величины ущерба, нанесенного народному хозяйству только при прорыве оз. Яшинкуль в Ферганской долине. В целях возможного предотвращения последующих прорывов горных озер приняты ряд мер. По отношению прорывоопасных горных озер Средней Азии разработаны различного рода рекомендации, осуществление которых позволит исключить возможность прорыва озер или заблаговременно информировать об ожидаемом прорыве.

Для многих прорывоопасных озер территории Киргизии составлена схема мероприятий по искусственному опорожнению путем послыного взрыва их плотин. Подобные инженерно-мелиоративные мероприятия проведены в 1979 г. на оз. Чоктал, что позволило понизить уровень воды в озере на 0,5 м, однако угроза его прорыва сохраняется. Среди других инженерных мероприятий следует отметить понижение уровня воды путем создания искусственных водосливов. Весьма действенной мерой защиты от последствий прорывов и катастрофических паводков являются селезащитные плотины. Так, 15 июля 1973 г. завальной плотиной в Медео был остановлен катастрофический сель, сформировавшийся в результате прорыва моренных озер в верховьях Малой Алмаатинки.

Анализируя условия формирования и прохождения селя на р. Иссык 7 июля 1963 г. А.Ф. Литовченко приходит к выводу об амортизирующей и гасящей роли оз. Иссык при прохождении селей в предыдущие годы и необходимости восстановления прорывавшейся плотины [13], что и производится в настоящее время [4].

По нашему мнению, создание подобной противоселевой плотины в бассейне р. Тегермач позволило бы надежно защищать нижележащие пункты, промышленные объекты и сельхозугодья от катастрофических паводков, формирующихся на моренно-ледниковых комплексах этого бассейна.

Учитывая краткотечность явлений, которые могут произойти в комплексе завал (моренная плотина) – озеро и возможность катастрофических последствий при их прорывах, на всех озерах, признанных опасными, до осуществления профилактических инженерно-мелиоративных мероприятий по ликвидации возможности их прорыва ежегодно в период наполнения (май–сентябрь) ведутся регулярные наблюдения над состоянием завалов, режимом наполнения и оттока. В связи с тем, что проведенные исследования указывают на возможные изменения процессов происходящих в завалах, моренных и ледниковых плотинах, под наблюдением находятся также озера, имеющие значительные объемы водных масс, но не признанные в настоящее время прорывоопасными. Для оценки изменений, происходящих в системе завал–озеро, с периодичностью 5–10 лет проводятся повторные наземные обследования с проведением топографических и геологических съемок завалов и чаш озер, изучении их гидрорежима с целью обновления информации о состоянии объектов. На все прорывоопасные озера заведены паспорта, где находит отражение информация о состоянии завалов, динамики процессов, происходящих в зоне озер и рекомендации по предотвращению угрозы их прорыва.

Литература

1. Ацрапетьянц С.Э., Баков Е.К. Морфология ледникового озера Мерцбахера и механизм его катастрофических прорывов. "Некот. закономерности оледенения Тянь-Шаня". Фрунзе: Или, 1971, 75–84.
2. Акулов В.В. Некоторые наблюдения над состоянием Сарезского озера в 1946 г. Изв. ВГО, 1948, т. 80, вып. 3, с. 246–258.

3. Виноградов Ю.Б., Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. Л.: Гидрометеоиздат, 1977, 154 с.
4. Глуханьков П.Б., Земс А.Э. Селезащита города Иссыка. "Проблемы противоселевых мероприятий". Алма-Ата: Казахстан, 1981, с. 92-105
5. Голубев Г.Н. О формировании и прогнозировании гляциальных селей. Междувед. геофиз. комитет, "Материалы гляциологич. исследований". М.: Изд-во ИГ АН СССР, вып. 12, 1966, с. 144-149
6. Голубев Г.Н. Особенности прорывов ледниково-подпрудных озер различных типов. "Материалы гляциолог. исследований", М.: Изд-во ИГ АН СССР, 1974, вып. 24, с. 155-163
7. Горбунов А.П. Вечная мерзлота Тянь-Шаня. Фрунзе; Изд-во АН КиргССР, 1967, 165 с.
8. Горбунов А.П. Гляциальные сели и пути их прогноза. Труды КазНИГМИ, Л., 1971, вып. 51, с. 45-56.
9. Данилова Н.А., Кеммерих А.О. Времена года. М.: Мысль, 2-е дополн. издание, 1973, 192 с.
10. Долгушин Л.Д. Прорыв ледяной плотины. "Природа", 1973, № 11, с. 108-110
11. Казакбеков К.К., Петров Г.Н., Ибрагимов К.И. Строительные свойства крупнообломочных грунтов. Ташкент: Узбекистон, 1978
12. Карпов П.М., Пушкаренко В.П., Умаров А.Ю., Ходжаев Ш.К. Селевые явления в Узбекистане. Ташкент: Фан, 1976, 184 с.
13. Литовченко А.Ф. Катастрофический селевой паводок на р. Иссык. "Метеорология и гидрология", 1964, № 4, с. 39-42
14. Макаревич К.Г. К вопросу об изучении гляциальных селей. Труды КазНИГМИ, Л., 1969, вып. 33, с. 125-130
15. Маллицкий Н.Г. Справка о некоторых прорывах временных горных озер в Средней Азии и соседних странах. "Изв. Среднеаз. геогр. об-ва", 1929, т. 19, 29 с.
16. Михайлов Н.Н. Стадиальный характер сокращения ледников последнего оледенения в долине р. Тегермах в хребте Кичик-Алай. Учен. зап. ЛГУ, Л., 1977, № 388, с. 152-158
17. Никитин А.М., Шегинников А.С. Сели в бассейне реки Исфайрамсай в 1977 г. "Материалы гляциологич. исследований". 1980, вып. 39, с. 107-110
18. Попов Е.Г., Чеботарев А.И. Зарафшанский фронт. Л.: Гидрометеоиздат, 1966, 67 с.
19. Пушкаренко В.И. Инженерно-геологический анализ особенностей развития обвалов Средней Азии. "Физико-механич. свойства четвертичн., дочетвертичн. отложений и под-земн. вод некот. районов Средн. Азии", Ташкент, Ташкентский политехнич. ин-т, 1979, вып. 281, с. 62-74
20. Садыков К.Г. О формировании гляциальных селей. Труды СарНИГМИ, Л. 1977, вып. 45 (126), с. 50-33
21. Суслов В.Ф. Неугомонный ледник. Человек и стихия. Л.: Гидрометеоиздат, 1974, с. 70-71
22. Чистяев В.Б. Физическая модель расчета гляциальной селеопасности ледниково-моренного комплекса. "Материалы гляциолог. исследований". 1978, вып. 32, с. 49-55
23. Шахунянц Г.М., Федоренко В.С. Мероприятия по укреплению горных склонов и предотвращению опасных последствий от оползней и обвалов. "Геолог. закономерности и взаимообусловленность развития оползней, обвалов и селевых потоков в горно-складчатых областях - основа прогноза и борьбы с ними". М.: Изд-во МГУ, 1976, вып. 1, с. 73-103
24. Рейзвих В.Н. Круковский Г.Л., Никитин А.М. Причина и условия прорыва озера Яшинкуль. Сб. работ Ташкентск. гидромет. обсерватории, Ташкент, 1971, вып. 4, с. 49-95

ОПОЛЗНИ И СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ В ПОЧВОЭЛОВИИ

1. Введение

Почвоэлювий залегает в настоящее время там, где он образовался. Факторы, определяющие формирование почвоэлювия, перечислены на рис. 3.1. Известно, что в результате физических, химических и биологических процессов в земной коре, в особенности в условиях влажного тропического климата, образуются различные слои элювия в соответствии с рельефом, типами пород, их структурой, скоростью и степенью эрозии, ветровым воздействием, воздействием воды. Некоторые типичные разрезы показаны на рис. 3.2. Хотя и трудно установить четкие границы отдельных зон выветривания, тем не менее можно в целом оценить разницу между ними. Практически там, где влияние природных факторов сказывалось длительное время, но воздействие их было незначительно, имеется возможность проследить переход от материнской породы к почве на протяжении ясно выделенных стадий: начиная с материнской породы в самых нижних слоях и кончая поверхностными слоями, которые уже по цвету и текстуре мало похожи на материнские породы. Между этими двумя границами лежат выветрелые толщи, степень изменения которых уменьшается с глубиной. Дир и Паттон [15] дают исчерпывающий обзор различных классификаций таких почв.

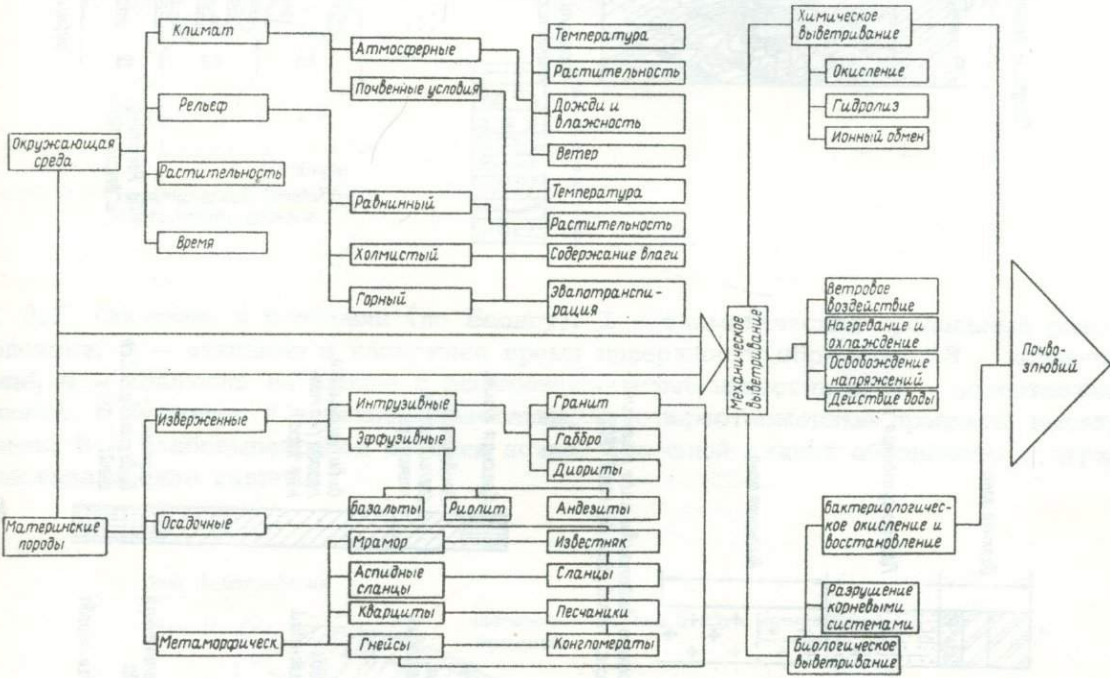
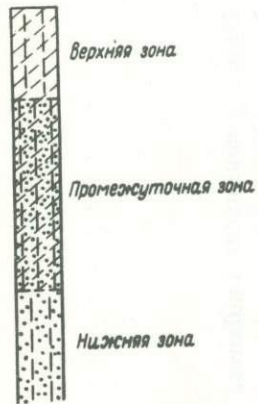
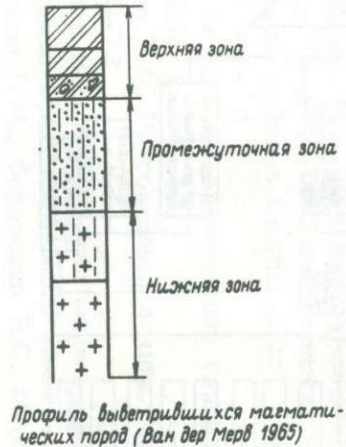


Рис. 3. 1. Факторы, определяющие образование почвоэлювия

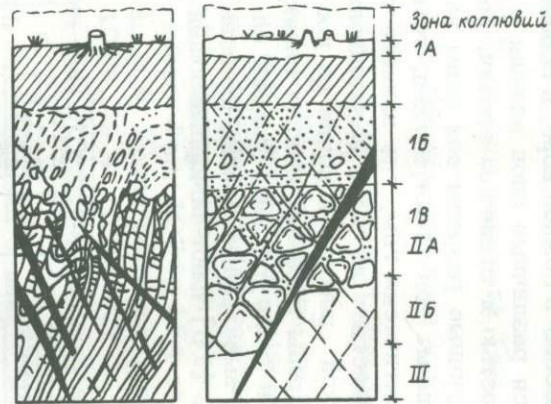


Идеальный профиль почвоэлювия



Профиль выветрившихся магматических пород (ван дер Мерв 1965)

Профиль выветривания гнейса (Дир и Паттон, 1971)

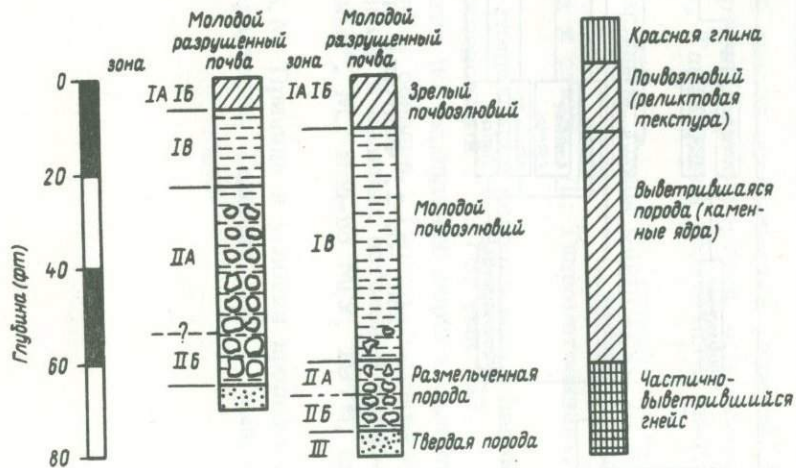


Профиль метаморфических и магматических пород

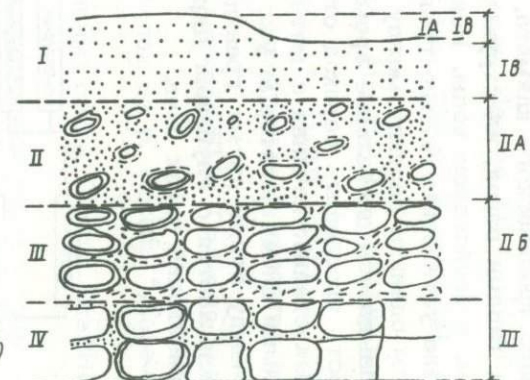
Типичный профиль почвоэлювия гнейса (Варгас, 1971)



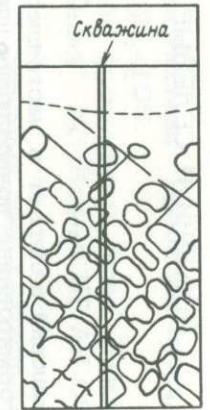
Профиль карбонатных пород (Дир и Паттон, 1971)



По Рокстону и Берри (1967)



Профиль зрелого выветривания гранита



Бранд (1982)

Рис. 3.2. Некоторые типичные профили почвоэлювия.

2. Коллювий-почвоэлювий

Коллювий – термин, который применяется к рыхлым, несвязным отложениям, которые обычно откладываются у подножья склона или обрыва и транспортируются, в основном, под действием силы тяжести и действия воды. Коллювий состоит из плохо отсортированных обломков материнских пород различного размера: “одни обломки без заполнителя” или “без обломков, только мелкозем”. Общие формы почвоэлювия и коллювия являются идентичными и поэтому инженеры-геологи часто склонны рассматривать их как одинаковые типы почв. Кроме того, скважинный каротаж не дает необходимых доказательств, того, что между ними существует какая-то разница. В связи с этим возникает дополнительная необходимость в более тщательном изучении обнажений этих пород, а также в

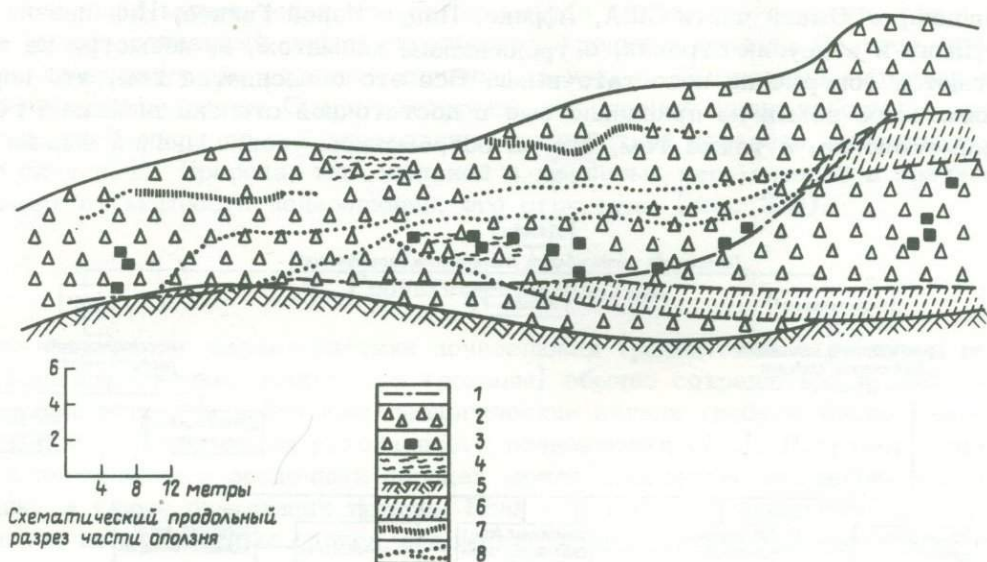


Рис. 3.3. Оползень в коллювии (по Блонгу). 1 – схематический продольный разрез части оползня, 2 – активная в настоящее время поверхность обрушения; 3 – коллювий на сланце, 4 – коллювий на сланце с включениями глыб известняка, 5 – переотложенный сланцев, 6 – сланец в коренном залегании, 7 – переотложенные продукты выветривания напластования или сдвига, 8 – слабовыветрелая древняя почва. Сплошной линией обозначены поверхности обрушения или сдвига.



Рис. 3.4. Оползень в почвоэлювии с реликтовой структурой (по Диру и Паттону).

проходке шурфов для визуального наблюдения над этими породами, по крайней мере тогда, когда приходится иметь дело со сложными проблемами оползания. Поскольку коллювий часто присутствует в материале чехла почвоэлювиальных склонов, проблемы устойчивости склонов, состоящих из этих двух типов отложений, безусловно должны решаться аналогично, однако необходимо помнить, что структура почвоэлювия и особенности залегания отличаются от коллювия. Эта разница может усложнить оползневую проблему, а, следовательно, изменить и методы изучения и борьбы. Типичный пример оползания в коллювии и в почвоэлювии описан Блонгом [7] и Диром и Паттоном [15], (рис. 3.3 и 3.4).

3. Оползни и селевые потоки

Оползни и другие смещения масс в почвоэлювии явились предметом тщательного изучения в Японии, в Южной части США, Африке, Папуа-Новой Гвинее, Индонезии, Южной Америке, Индии и в других странах, с тропическим климатом, и, несмотря на это, наши знания остаются совершенно недостаточными. Все это объясняется тем, что перемещение огромных масс земли не привлекло еще в достаточной степени внимания геологов и инженеров-геологов, а также тем, что на современном уровне знаний еще не изучены

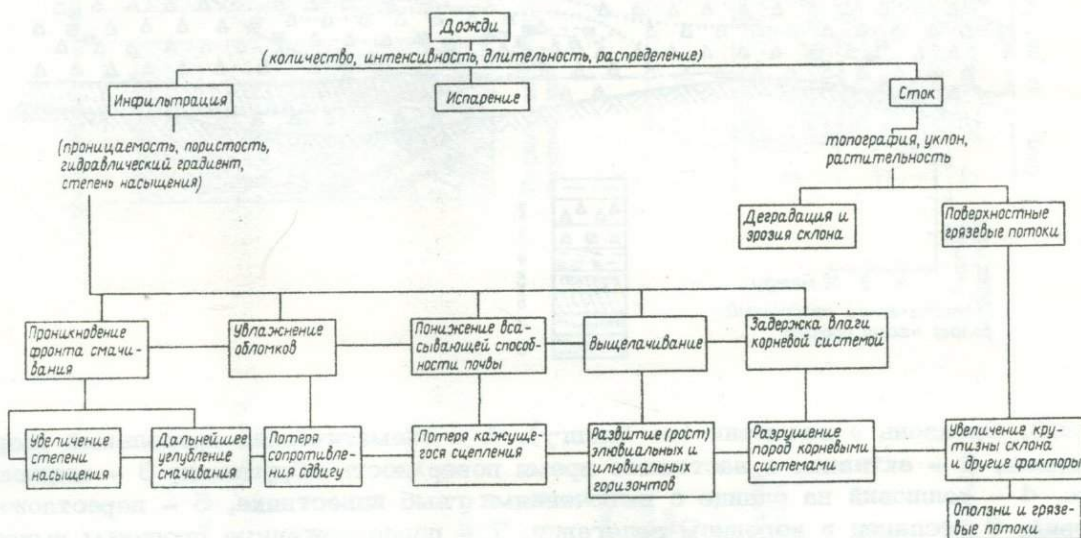


Рис. 3.5. Взаимосвязь дождевых осадков и оползней в почвоэлювии.

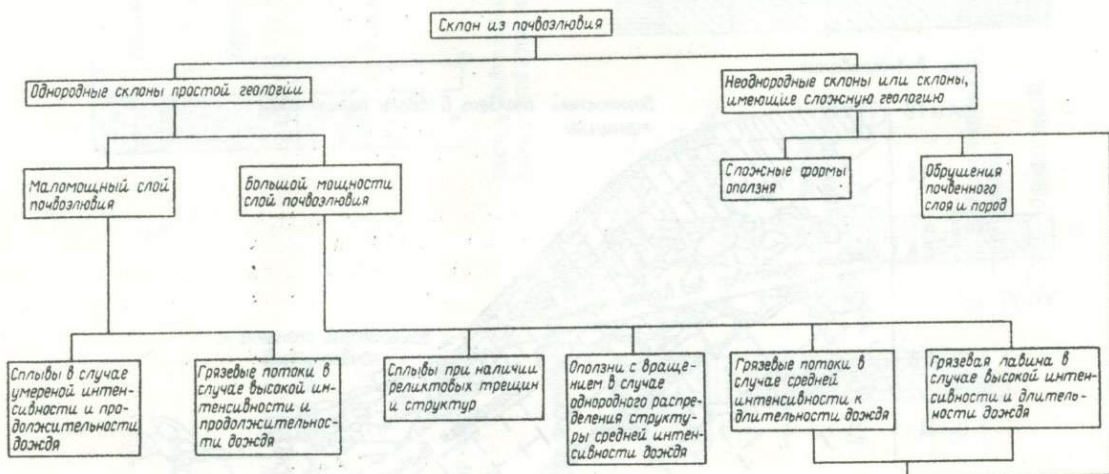


Рис. 3.6. Вероятные типы оползней и грязевых потоков в почвоэлювии

местные особенности почвенных структур, их свойства. Установлено, что чем мощнее горизонт почвоэлювия, тем более доминирующими были процессы выветривания над процессами сноса и осадконакопления. По этой причине глубокое залегание почвоэлювия, как правило, не обнаруживается в районах, подверженных оледенению в недавнее время [6], или в районах, которые постоянно подвергаются оползням и селевым потокам. В связи с высокой интенсивностью осадков и постоянным выносом почвенного слоя из горных районов в результате оползней и селевых потоков (рис. 3.5) почвы в этих районах, подверженных эрозии, постоянно возобновляются и имеют очень небольшие мощности, реки становятся несудоходными, водохранилища быстро заиливаются. Пэйн [30] дает описание землетрясения, которое вызвало оползни, лавины и селевые потоки в Папуа Новой Гвинее, запрудившие узкие каналы водотоков и образовавшие множество плотин из насыпного остаточного материала. Неравномерное размещение сползшего материала наблюдаются по всей долине — от склона до дна речного русла, причем мощность переотложенного материала может достигать сотен метров как по горизонтали, так и по вертикали. Хотя "новый почвенный чехол" возникает в тропиках гораздо быстрее, чем в аналогичных по температурным условиям других районах, перемещенный материал не представляет никакой ценности. С другой стороны, на склонах долин небольшой крутизны, располагающихся вдали от неблагоприятных воздействий человека, встречаются более глубокие слои почв. Природа, тип оползней и массовых перемещений в значительной степени зависят от мощности почвоэлювия, его структуры (рис. 3.6).

4. Реликтовые структуры

Многие физические характеристики почвоэлювия (реликтовые структуры, реликтовые плоскости напластования, реликтовые трещины) обычно сохраняются в современных разрезах почвоэлювия. Эти небольшие геологические детали требуют более тщательного рассмотрения при решении задач устойчивости почвоэлювия [31]. Например, наличие плоскостей напластования в осадочных породах может определять геометрию поверхности скольжения, а также оперяющихся трещин. Если эти трещины заполнены глиной, то они будут являться поверхностями сдвига при формировании оползня. Естественно, что любая попытка в этом случае представить обрушение в виде оползня, вращения не приведет к реальному результату. С другой стороны, там, где залегает почвоэлювий, возможность проявления оползней вращения велика.

Хорошо дренированный почвоэлювий без значительной трещиноватости и явно выраженных плоскостей напластования или ослабления может держать вертикальные откосы несколько лет. Уэсли [43] сообщает о нескольких откосах в латеритных глинах высотой 10 м, крутизной 70° и высотой 20 м, крутизной 40° , простоявших около 40 лет. Автор наблюдал много аналогичных примеров в латеритах Гоа (Индия), где были обнаружены почти вертикальные 10–15-метровые откосы, стоявшие в течение нескольких лет. Способность тефры (вулканический пепел), слагающей чехлы южного плато в Папуа-Новой Гвинее, держать вертикальные откосы в течение длительного периода времени, хорошо известна [32].

5. Условия водонасыщения

Движение воды по склону зависит, в основном, от рельефа, уклона склонов, интенсивности и продолжительности осадков, способности почвы впитывать влагу и ее водопроницаемости. Увеличение плотности насаждений, по всей видимости, увеличивает влагоемкость почвы, иногда, вероятно, это является следствием растрескивания почвы в результате сжатия корневой системы. В некоторых других ситуациях наблюдается противоположный результат. Например, можно встретить склоны, которые полностью заросли соснами, и опавшая на землю хвоя в этом случае сильно снижает инфильтрационную способность. Если инфильтрационная способность и водопроницаемость велики, например, в песчаных дюнах, то даже при высокой интенсивности осадков и большой крутизне склонов, не будет наблюдаться поверхностный сток. Если очень слабый дождь выпадет над поверхностью, имеющей низкую проницаемость, он может привести к увеличению по-

верхностного стока. Прекрасный пример описан Колдрон (1967). В нем рассказывается об обломочном потоке на реке Рио-Ревентадо, на южном склоне вулкана Ирасу в центральной части Коста-Рики. Чехол, сложенный из вулканического пепла, уничтожил и засыпал растительность на склоне вулкана. В результате образовалась уплотненная, непроницаемая корка, которая и снизила инфильтрационную способность почвы. Поэтому сток на этой поверхности настолько быстро увеличивался, что даже незначительные осадки вызывают сильные наводнения.

Оползни и другие смещения грунтов, вызванные дождями, изучались во всем мире довольно подробно: Рейн, Лэмб [23], Нилсен и другие [27], Айлз [16], Крозье и Айлз [13], Бандари [5], Фукуока [18]. Сделан общий вывод о том, что сильные проливные дожди, незначительные дожди, но длительного воздействия, представляют собой более опасные явления по сравнению с интенсивными кратковременными дождями. Что касается проблемы устойчивости склонов, то этот фактор является главным. Очень широкий обзор воздействия осадков с точки зрения продвижения каймы промачивания, а также с точки зрения ее влияния на возникновение оползней сделан во многих работах, результаты которых представлены на рис. 3.7 а, б. Продвижение фронта промачивания изучалось в работах многими исследователями, результаты которых суммированы в табл. 3.1. В этих исследованиях привлекает внимание, хотя и не без некоторой доли сомнения, подход, использованный Лэмбом. Его подход отличается простотой и широко используется, особенно в Гонконге [11]. Расчет порового давления делается путем наложения глубины фронта промачивания на уровень подземных вод в конце сезона дождей.



Рис. 3.7 а. Продвижение фронта смачивания (по Лэмбу, Моргенштерну и де Матосу)

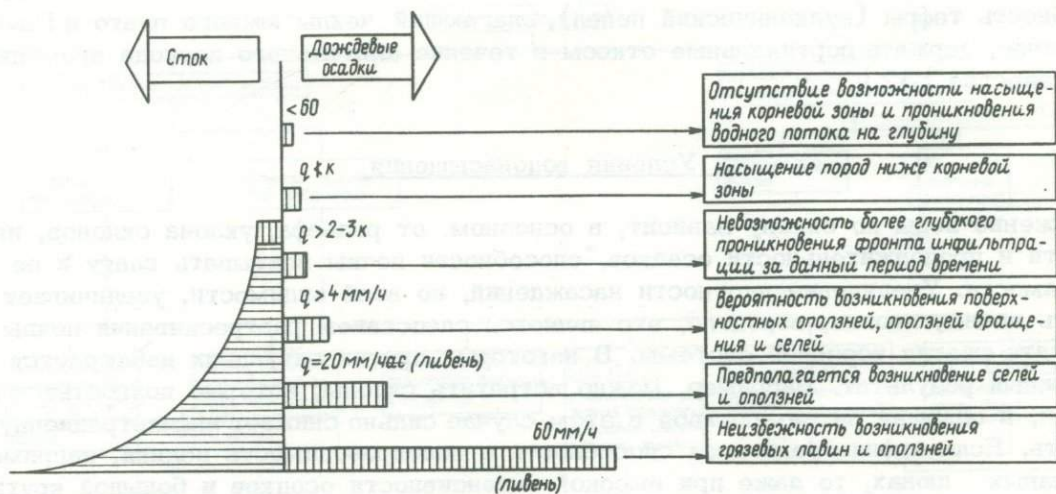


Рис. 3.7 б. Связь между осадками, стоком и возникновением оползней.

Моргенштерн и де Матос [26] указывают на возникновение обрушения вдоль фронта промачивания (критическая глубина - h_c), который разделяет почти насыщенную часть оползающей массы, от материала, расположенного снизу и находящегося в состоянии насыщения до выпадения дождей. Если время достижения фронтом промачивания критической глубины больше, чем длительность дождя, тогда оползень не произойдет. В случае сильных дождей, однако, все равно возникают грязевые потоки. Очень большой интенсивности ливневые дожди кончаются часто катастрофическими оползнями и грязевыми потоками. На рис. 3.7, б показано, что относительно небольшая интенсивность осадков не вызывает, как правило, насыщения почвы ниже корневой зоны. В случае если интенсивность дождя очень высокая, она также не способствует глубокому проникновению фронта промачивания, так как при этом просто увеличивается сток. Дожди такого типа обычно сопровождаются высоким уровнем половодий.

Таблица 3.1

Распространение каймы промачивания в почвоэлювии

Авторы	Модели промачивания
Бодман и Колеман (1944)	На основании измерений влажности в почвенной колонке кайма промачивания характеризуется: а - зоной насыщения, б- транзитной зоной, в - зоной промачивания, г- передовым фронтом промачивания
Филипп (1957)	На запруженной горизонтальной поверхности глубина фронта промачивания (h) описывается следующим уравнением: $h = a_1 t^{1/2} + a_2 t + a_3 t^{3/2} + \dots + a_n t^{n/2}$ <p>где a_1, a_2, \dots, a_n функции: (a) - начальная влажность и t - время</p>
Мейн и Ларсон (1973)	Рассчитывается положение каймы промачивания в течение выпадения осадков постоянной интенсивности $h_a = at^{1/2} + bt$
Де Матос (1974)	где a и b - коэффициенты, зависящие от степени насыщения до начала инфильтрации, коэффициент пористости, интенсивности дождя и свойство ненасыщенного потока
Лэмб (1962)	$h = \sqrt{Dt} + \frac{kt}{n(S_f - S_0)}$ <p>где h - мощность фронта промачивания через период времени; S_0 - начальная степень насыщения; S_f - конечная степень насыщения; D - диффузия; k - проницаемость; n - пористость. Если диффузия минимальная, тогда:</p> $h = \frac{kt}{n(S_f - S_0)}$
Моргенштерн и Де Матос (1975)	Глубина фронта промачивания во время обрушения может быть рассчитана для определенного коэффициента безопасности, в данном случае равном 1, путем обратного расчета, с использованием характеристики прочности грунта, под действием сдвиговых усилий при насыщении.

Почвоэлювиальные отложения, которые подверглись частичному насыщению водой, характеризуются довольно сложной взаимосвязью между внутриводным давлением и нагрузкой, с одной стороны, и последующим поведением почвы, с другой. Практически, такая проблема становится еще более сложной, если принять во внимание разнообразие зна-

чений инфильтрационной способности почвы под влиянием природных условий, типа растительности, степени ее развития. Так же ведет себя и массовая водопроницаемость почвы под влиянием изменяющихся с глубиной почвенных характеристик. Присутствие реликтовых структур, трещиноватости, раскрытых трещин, каналов, корневых трещин и органических веществ еще более изменяет характеристики водопроницаемости и инфильтрационной способности почвы. Самым лучшим способом оценки воднофизических свойств почв является эксперимент по искусственному насыщению почвы, в результате которого можно оценить инженерно-геологические свойства почвы. Бранд [10] сообщает, что использование в Гонконге психрометрических измерений не принесло успеха (Ричард, 1965, 1967, 1971). Он, однако, сообщает об успешном использовании автоматического устройства, описанного Андерсоном и Бертом [1]. Берт также описывает успешное использование различных видов измерений на склонах по сообщениям Андерсона и Нила [2, 3].

Почвоэлювий или коллоидный под воздействием частичного насыщения и отрицательного порового давления, т.е. под воздействием процесса всасывания воды, приобретают дополнительную прочность и придают склону устойчивость. По этой причине многие склоны и обнажения, имеющие теоретический запас прочности менее единицы, стоят в течение многих лет без обрушений. Бранд описывает случай подрезанного слоя в Гонконге, который в условиях сильных сезонных дождей оставался стабильным на протяжении многих лет, несмотря на то, что теоретический запас прочности был меньше 1. Он далее заключает, что в результате дальнейшего всасывания воды и при относительно неглубоком залегании поверхности скольжения в Гонконге этот эффект прекращает свое положительное действие в период дождей. Однако в более глубоких горизонтах он не прекращается под воздействием повышенной инфильтрации [40].

6. Физико-химические свойства и сопротивление сдвигу

Постоянно обводненные почвы имеют тенденцию к обогащению кремнеземом по сравнению с почвами в регионах с чередованием влажных и сухих сезонов. Чем выше отношение кремнезема к глинозему, тем больше способность почвы к эрозии. Поэтому считается, что почвы, расположенные в более умеренных зонах, менее подвержены эрозии, чем почвы, расположенные в тропических зонах. Более слабые и равномерно распределенные в течение года дожди представляют собой тот фактор, который предотвращает почву в умеренной зоне от разрушения. Если почвы умеренного пояса поместить в тропическую зону, то они будут вести себя гораздо хуже. Дело в том, что в этих почвах глинозем и железо вымываются быстрее, чем из кремнезема. В тропической почве все наоборот. Естественно, что имеется большая разница между свойствами почвы этих двух зон, обусловленная разным химическим составом.

Влияние дождей и климата, по всей видимости, отражается на отношении кремнезема к глинозему. Наблюдения, которые нашли свое подтверждение во всех работах, сводятся к следующему:

1. Отношение SiO_2 к Al_2O_3 снижается с увеличением количества дождей.
2. Чем выше эрозийность и выветриваемость, которые ведут к формированию почвоэлювия, тем ниже отношение SiO_2 к Al_2O_3 .

Зрелые почвы имеют отношение SiO_2 к Al_2O_3 от 0,87 до 0,43, тогда как незрелые почвы имеют это отношение в пределах 2,34 до 1,33, [25]. Поэтому отношение SiO_2 к Al_2O_3 является важной частью исследования стабильности склонов, сложенных почвоэлювием. Определение сопротивления сдвигу почвы из элювия и коллоидного представляет собой сложную задачу. Бранд правильно заключил, что лабораторные испытания прочности материала с заполнителем занимают его сопротивление сдвигу по сравнению с этим же материалом "in situ", поскольку в лабораторных исследованиях не принимается во внимание влияние содержания обломков. Кроме того, через соотношения заполнителя и обломков трудно определить, нужно ли рассчитывать на пиковые прочности материала или на остаточные прочности, связанные со смещением этого материала. Бандари [5] на основании анализа устойчивости оползневых склонов, сложенных выветрелыми филлитами, делает заключение, что обломки пород действительно оказывают влияние на сдвиговую прочность в том случае, если их содержание превышает определенный

процент. Кроме того, привлекает внимание тот факт, что пиковая сдвиговая прочность выветрелого материала, по всей видимости, является выше действительной прочности, тогда как прочность, оцененная по заполнителю, является недооценкой реальной прочности. Многочисленные полевые испытания, а также анализ обрушенных склонов, при условии хорошей исходной информации (по свойствам поверхности обрушения и по внутрипоровому давлению) обеспечили наилучший метод оценки сдвиговой прочности такого материала. Задача упрощается в том случае, когда разница между пиковой и остаточной прочностью уменьшается, как, например, в двух типах аллофановых почв, о которых сообщал Уэсли [43]. Блонг и Пейн [30] приводят сведения о влиянии содержания вулканического пепла на угол трения.

Имеется еще один важный аспект, который состоит в том, что сопротивление сдвиговым усилиям уменьшается под воздействием смачивания. Фукуока [18] показал, что один только этот фактор может объяснить возникновение оползней, происшедших в период сильных дождей, даже если в конструкциях предусматривался большой запас прочности. В "Геотехнике" [19] сообщается полезная информация относительно свойств почвоэлювия в Рио-де-Жанейро и утверждается, что кажущееся сцепление между частицами почвы падает с $0,45 \text{ кг/см}^2$ в естественном состоянии до $0,15 \text{ кг/см}^2$ при насыщении водой во время испытания таких почв на сдвиг. Угол внутреннего трения не изменяется и равен 30° . Испытания образца в виде куба материала после высушивания показали, что снижение кажущегося сцепления с $0,45$ до $0,1 \text{ кг/см}^2$ действительно имеет место. Аналогичным образом разные виды гнейсов в Рио-де-Жанейро после испытания без высушивания показали падение кажущегося сцепления с $0,214-0,254 \text{ кг/см}^2$ до $0,1 \text{ кг/см}^2$ после насыщения влагой. Угол внутреннего трения также уменьшался от $33-36^\circ$ до $25-32^\circ$ [17]. Можно сделать вывод, что оценка сопротивления сдвигу почвоэлювия или колшювия при условии правильного выполнения экспериментов по изучению устойчивости должны учитывать: а) влияние наличия обломочного материала, б) характер предполагаемой деформации, в) насыщение водой при разрушении.

7. Оползень в латеритных отложениях Гоа

Автор исследовал оползень (1966) на дороге Васко-Харбор в Гоа, который разрушил участок дороги протяженностью 35 м, рис. 3.8. Оползень имел длину примерно 60 м

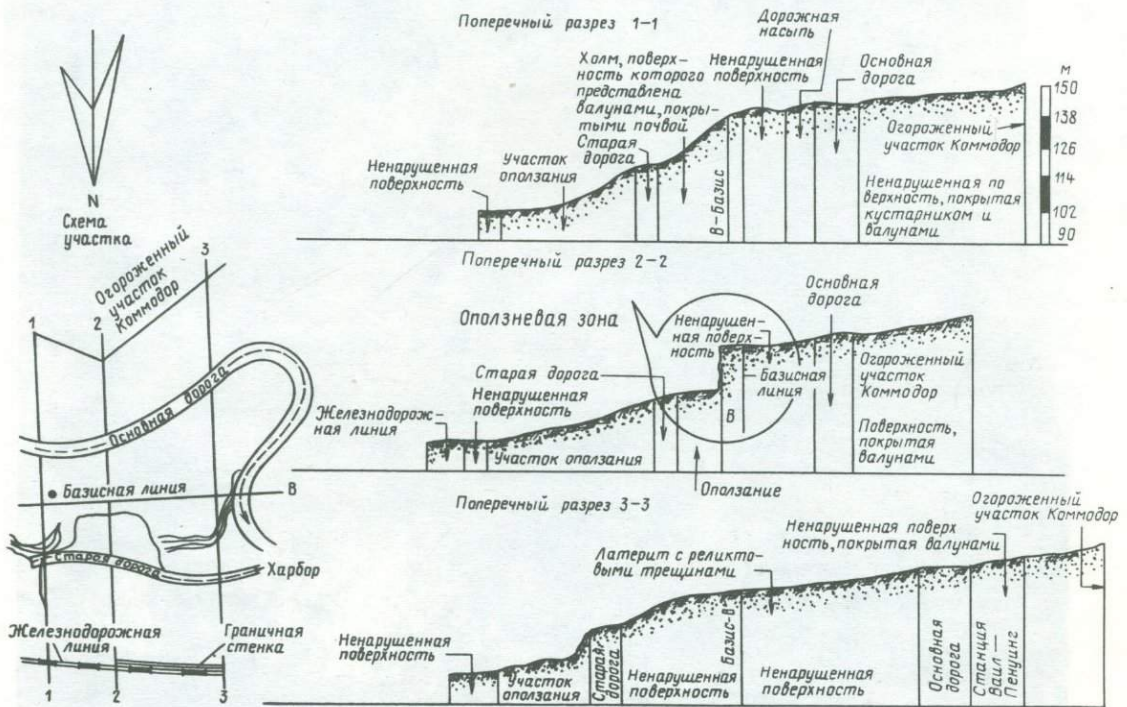


Рис. 3.8. Оползень на дороге Васко-Харбор



Рис. 3.9. Реликтовая трещина в массе латерита в теле оползня.

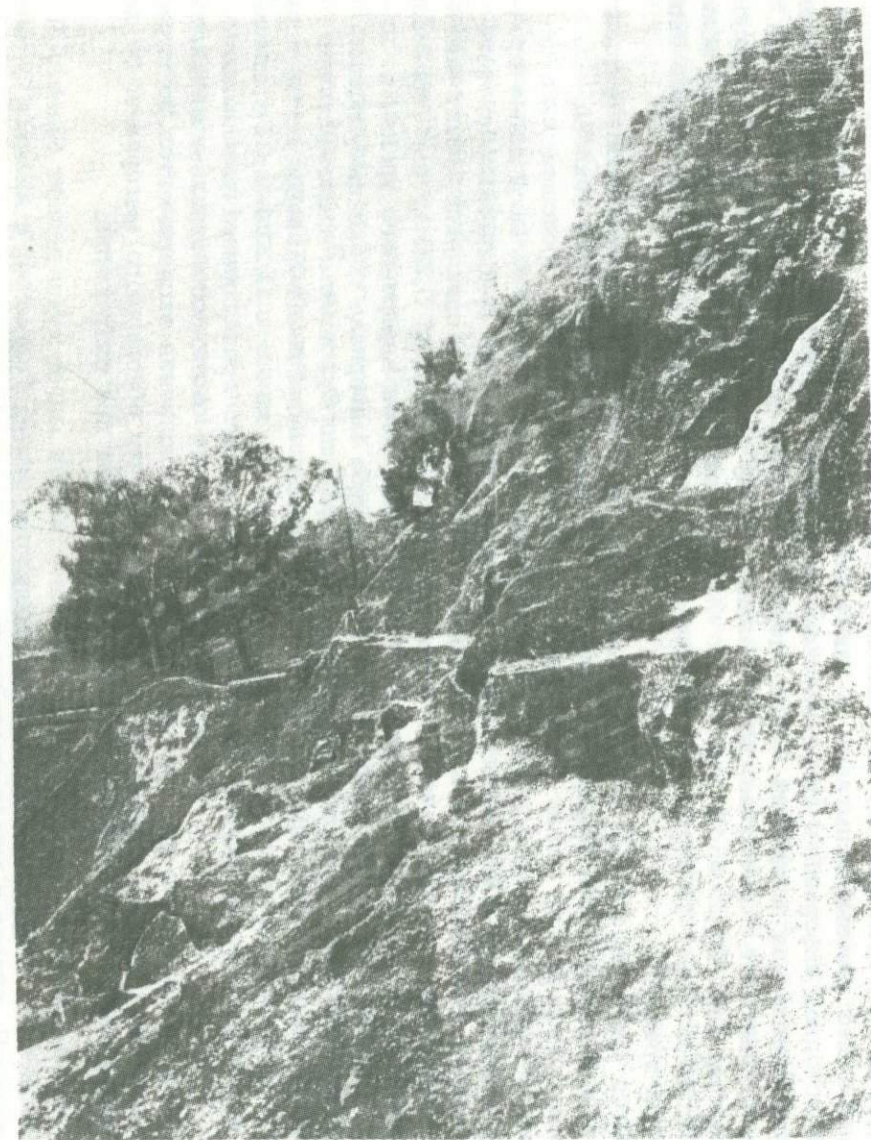


Рис. 3.10. Вид на оползень со стороны дороги Васко-Харбор.



Рис. 3.11. Вид оползня, наползающего на железную дорогу

от вершины до подошвы. Выветрелая зона составляла приблизительно 10–15 м толщю латерита, который был обогащен полугорной окисью со следами каолининовых гранул. Также были обнаружены зоны мягких каолининовых глин со следами каолининовых гранул и зона мягких каолининовых глин со следами монтмориллонита и слюды. Зона выветрелых материнских пород имела ту же структуру, что и материнские породы. Слой латерита был разбит реликтовыми трещинами (рис. 3.9), которые и вызвали обрушение пород. Вид оползня со стороны дороги Васко-Харбор показан на (рис. 3.10), а вид на тот же оползень со стороны подошвы показан на рис. 3.11. Исследования показали, что этот оползень явился результатом прогрессирующего обрушения граншей, пройденной под дорогой. Первые признаки нарушения устойчивости стали проявляться в 1960 г., через несколько лет после строительства дороги. В конечном итоге оползень произошел в 1966 г.

8. Некоторые особые случаи.

Оползни седельные потоки, вызванные тропическими циклонами

Крозье, Хорорт и Грант [14] задокументировали разрушительные оползни, происшедшие в результате тропического циклона Тиа, обрушившегося на юго-восточную часть Вити Леву в бассейне Вайнибаголу в 1980 г. Максимальная интенсивность осадков в этот момент превосходила 900 мм за 24 часа. В результате этого произошли оползни и паводки, которые разрушили дороги, затопили сельскохозяйственные поля, уничтожили фермы, дома, коммуникационные системы, вызвали человеческие жертвы. Такие события происходят раз в 80–100 лет.

Были обследованы 74 оползня в виде "обломочных потоков". Там, где склоны крутые, развивались обломочные лавины, когда как на менее крутых образовались обломочные оползни. Ни одно из этих явлений не захватывало подстилающую материнскую породу, а происходило в перекрывающей толще реголита. В большинстве случаев мощность оползающего слоя (0,3–10 м) соответствовала мощности реголита и поэтому оползни проходили по поверхности, отделяющей реголит от подстилающей породы [14].

Джонс (1973) рассказал о разрушительных наводнениях и оползнях, происшедших в 50–70 км к западу от г. Рио-де-Жанейро в средней части южных провинций Бразилии. Перемешивание тропических воздушных масс с холодными фронтами, как известно, вызывает сильные ливни с грозами. Оползни, число которых составило десятки тысяч, разрушили когда-то зеленые склоны, превратив их в безжизненные пустыни, а долины превратились в моря грязи. Общее количество пострадавших в 1966 г. составляло 1000 чел., а в 1967 г. это количество увеличилось до 1700.

9. Оползни и грязевые потоки, вызванные землетрясениями

Имеется немного сведений об оползнях, происшедших во влажных тропиках в результате землетрясений [38]. Пэйн [30] изучил 40 таких оползней в Адальберт Рейндж на территории Папуа-Новой Гвинеи, которые произошли в результате землетрясения силой 7 баллов. Это произошло в 32 км к северу от г. Маданг на побережье в центральном тихоокеанском поясе сейсмической активности. Эти оползни произошли на площади 240 км² и сопровождалась оплывинами и оползнями-потоками, которые снесли тонкий почвенный слой и леса на склонах крутизной от 40 до 50°. Грязевые потоки имели место в тех случаях, где почвенный слой был более мощным, а крутизна склонов от 30 до 40°. Пэйн [30] также сообщает о большом количестве грязевых потоков, вызванных сильным землетрясением в период между 20 и 30 тысячелетиями до н.э. Это землетрясение вызвало смещение тефры, которая сползала по склону, собирая глыбы и обволакивая их липкой массой. Они, в свою очередь, перегораживали русла рек, в результате чего образовалось множество водохранилищ. В результате образовалась долина Каугтель с соответствующими дамбами.

10. Селевые потоки, вызванные вулканической деятельностью (Лахары)

Японское Международное агентство по сотрудничеству недавно [21] изучило грязевые потоки, возникшие в районе Лумажданг, связанные вулканической деятельностью горы Семерунг в Индонезии. Известно, что во время извержения гора издает звуки, похожие на пушечную канонаду, а потоки лавы спускаются до высоты примерно 2400 м. Залежи этой лавы на Нью-Анданте на высоте 2300–2400 м находятся под постоянным воздействием сильных дождей, интенсивность которых достигает 100 мм в день. В результате этого возникает массовое смещение лавы и пепла, которое и называется индонезийским словом лахар^х).

Материалы симпозиума по грязевым потокам в Японии и Индонезии (июль, 1978) дают несколько интересных описаний лахаров (например, Дурио и Дахлан, 1978). Еще раньше, в 1929 г., Скривенор [41] описал яванский лахар, который проделал путь в 39 км примерно за 3/4 часа.

11. Заключение

Проблемы оползней и грязевых потоков в почвоэлювии тропиков заслуживают серьезного изучения, потому, что очень важно уяснить опасность, которую они представляют собой во всем мире. Примеры некоторых наиболее важных событий приведены в главе для иллюстрации масштабов проявления оползней и селей, связанных с этими грунтами.

Неправильно, рассматривать коллювий и почвоэлювий как идентичные образования, в особенности если в почвоэлювии присутствуют реликтовые трещины или структуры, унаследованные от материнских пород. Присутствие реликтовых трещин и плоскостей напластования может вызвать обрушение. Тип обрушения склона, или обрушение с вращением, или плоское, или комбинированное обрушение, зависит в большей степени от мощности почвоэлювия, присутствия реликтовых структур, а также от интенсивности и продолжительности дождей. Любое исследование почвоэлювиальных склонов без учета особенностей геологического строения может привести к неправильным результатам.

Почвоэлювиальные склоны, находясь в частично водонасыщенном состоянии, имеют высокий запас прочности в результате внутриводного натяжения воды. "Натяжение внутриводной воды", а также "кажущееся сцепление" могут в значительной степени при насыщении снизить влияние коэффициента устойчивости склона вплоть до его обрушения. Имеется настоятельная необходимость тщательно изучить различные режимы натяжения внутриводной воды в склоне в процессе насыщения.

Характеристики сопротивления сдвигу на поверхности сползающего материала не поддаются точному определению, если не сделано вывода относительно поведения данного материала в различных напряженно-деформированных состояниях до разрушения. Анализ состояния грунтов в ненарушенном состоянии, а также испытания образцов грунта большого объема могут оказаться необходимыми в том случае, если проводится крупное строительство. Взаимосвязь между осадками и оползнями можно легко установить, и такие уравнения имеют широкое распространение. Лучшим индикатором было бы установление связи между давлением подземных вод и смещениями грунта до после оползания. Имеется необходимость в разработке соответствующей аппаратуры для наблюдений такого рода.

Литература

1. Anderson M.G., Burt T.P., 1977, Automatic monitoring of soil moisture conditions in a hillslope spur and hollow. *Journal of Hydrology*, Vol. 33, p. 27–33
2. Anderson M.G., Kneale P.E., 1980, Pore water pressure and stability conditions on a motorway embankment. *Earth Surface processes*, Vol. 5, p. 37–46
3. Anderson M.G., Kheale P.E., 1980, An examination of the relationship between storm precipitation and pore water conditions in road cut slopes. St. Lucia, West Indies Singapore.

х) Термин, который впервые предложен в английской литературе Эшером.

Journal of Tropical geography, Vol. 1, p. 1-8

4. Beattie A.A., Attewill L.J.S., 1977, A Landslide study in the Hong Kong Residual soil. Proceedings of the Fifth South-East Asian Conference on Soil Engineering, Bangkok, Thailand, p. 177-88
5. Bhandari R.K., 1977, Some Typical landslides in the Himalaya, Proceedings of the 2nd International Symposium on Landslides, Tokyo, p. 24
6. Blight G., 1977, Slopes and excavations in Residual soils. Proceedings of the Ninth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2, p. 585-590
7. Blong R.J., Pain C.F., 1978, Slope stability and tephra mantles in Papua New Guinea Highlands, Geotechnique 28(2), p. 206-210
8. Blong R.J., 1981, Stability analysis of Chim Shale mudslides Papua New Guinea, Erosion and Sediment Transport in Pacific Rim Steeplands, IAHS publication N 132
9. Bodman G.B., Coleman E.A., 1944, Moisture and energy conditions during downward entry of water into soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 8, p. 116-122.
10. Brand E.W., 1981, Some thoughts on rain-induced slope failure. X International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Stockholm, Sweden
11. Brand E.W., 1982, Analysis and design in Residual soils. Special lecture to Conference on Engineering and Construction in Tropical and Residual Soils, Honolulu
12. Burt T.P., 1978, An automatic fluid-scanning switch tensiometer system. British Geomorphological Research Group, "Techn. Bull.", N 21, p. 1-30
13. Crozier M.J., Eyles R.J., 1980, Assessing the probability of rapid mass movement. Proceedings of the Third Australian New Zealand Conference on Geomechanics, Wellington, Vol. 2, p. 47-51
14. Crozier M.J., Howorth R., Grant I.J., 1981, Landslide activity during cyclone wally, Fiji. A case study of Wainetubatalu catchment, Pacific view point, Vol. 22, N 1, 64-86, p. 69-79
15. Deere, Patton F.D., 1971, Slope Stability in Residual soils. Proceedings of Fourth Panamerican conference on Soil Mechanics, and Foundation Engineering, San Juan, Puerto Rico, Vol. 1, p. 87-170
16. Eyles R.J.C., 1979, Stip-triggering rainfalls in Wellington city, New Zealand. New Zealand Journal of Science, vol. 22, p. 117-121
17. Ferreira M.S., 1967, Estudo comparativo dos Resultados de Ensaios em Salos. Prevenientes de Diferentes Rochas. Append IX N 8 in os Movinemos de Encosta no Estado da Gaunabora Regioes
18. Fukuoka M., 1980, Landslides Associated with Rainfall. Geotechnical Engineering, Vol. 11, p. 1-29
19. Geotecnica, 1967, Estabilizacao de Talude-Estrada do Jequia. Report GB-224/67 from Geotechnica S.A. to Sursan, Guanbara, Brazil
20. Gray R.E., Ferguson H.F., Hamel J.V. Report on slope stability in the Appalachian plateau of Pennsylvania and West Virginia. Gai Consultants Inc., Pittsburgh Monreville, Pennsylvania 15146
21. Japan International Cooperation Agency, 1981, Report on the Advisory team on the guidelines for Mt. Semeru Project, May 1981
22. Lumb P., 1962, Effects of rainstorms on slope stability. Symposium on Hong Kong soils, Paper, N 7, p. 73-87
23. Lumb P., 1975, Slope failures in Hong Kong Quarterly Journal of Engineering Geology, Vol. 8, p. 31-65
24. Marshall R.J., 1937, Northern New Guinea, 1936 Geogr. J. 89 (6), p. 489-506
25. Martin F.J., Doyne H.C., 1930, Laterite and laterite soil in seirra Leone, Agriculture Science, 17, p. 530-546, 20, p. 135-143
26. Morgenstern N.R. de Matos M., 1975, Stability of slopes in Residual soils. Proceedings of 5th Panamerican conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 3, p. 367-383
27. Nilsen T., Taylor F.A., 1976, Recent landslides in Alameda country, California (1940-1971)
28. Pain C.F., 1969, The effect of some environmental factors on rapid mass movements in the Hunua Ranges, New Zealand. Earth Science Journal, Vol. 3, N 2, p. 101-107
29. Pain C.F., 1972, Characteristics and geomorphic effects of earthquake initiated lands-

lides the Adelbert Range, Papua New Guinea, Engineering Geology, 6, p. 261-274

30. Pain C.F., 1975, The Kaugel diamiction - a late quaternary mudflow deposit in the Kaugel valley, Papua New Guinea, p. 430-442

31. Peck R.E., 1971, Slope stability in Residual soils. Proceedings of the 4th Panamerican conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Juan, Puerto Rico, Vol. 3

32. Penta F., Croce A., Esu F., 1961, Engineering properties of volcanic soils. Proceedings of the 5th International Conference on Soil Mech, Vol. 1, p. 285-291

33. Philip J.R., 1957, The theory of infiltration of the Unifiltration equation and its solution. Soil Sci. 83, p. 345-357

34. Raychaudhuri S.P., Agarwal R.R., Gupta S.P., Thomas P.K. Soils of India. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi

35. Richards B.G., 1965, Measurement of the free energy of soil moisture by the psychometric technique using thermistors. Moisture equilibria and moisture changes in soil beneath covered Areas, Butterworths, Australia, p. 39-46

36. Richards B.G., 1971, Psychometric techniques for field measurement of negative pore pressure in Soils. Proceedings of the First Australia - New Zealand conference on Geomechanics, Melbourne, Vol. 1, p. 387-394

37. Richards B.G., 1966, Moisture flow and equilibria in unsaturated soils for shallow foundations. Permeability and capillarity of soils. ASTM special techn. publ., N 417, p. 4-34

38. Simonett D.S., 1967, Landslides distribution and earthquakes in the Bewani and Toricelli Mountains, New Guinea, Jennings Landform studies from Australia and New Guinea, A. NU Press, p. 64-84

39. Suryo I., Dahlan Z., 1978, Lahars in Indonesia and counter measures to minimize its hazards. Proceedings of symposium on mudflows in Japan and Indonesia, p. 171-83

40. Sweeney D.J., Robertson P.K., 1979, A fundamental approach to slope stability problems in Hong Kong. Hong Kong Engineer, Vol. 7, N 10, p. 35-44

41. Thornbury W.D., 1964, Principles of Geomorphology. N.Y., John Wiley and Sons, p. 618

42. Waldron H.H., 1967, Debris flow and Erosion control problems caused by the Ash eruptions of Irazu volcano, Costa Rica, Geological survey, Bull. 1241

43. Wesley L.D., 1973, Some basic engineering properties of halloysite and auophane clays in Java, Indonesia, Geotechnique, , 23, N 4, p. 471-494.

Глава 4

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ТАДЖИКСКОЙ ССР В СВЯЗИ С МАССОВЫМ ПРОЯВЛЕНИЕМ ОПОЛЗНЕЙ, СЕЛЕЙ И ДРУГИХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Весной 1969 г. в Таджикской ССР произошла почти повсеместная активизация оползней, селей и обвалов, обусловленная выпадением в течение осени-зимы-весны аномального количества атмосферных осадков, превысивших среднемноголетнюю норму для этого периода в два-три раза. В условиях аридного климата при наличии резко расчлененного горного рельефа, в пределах которого широко распространены делювиальные лессовидные суглинки, избыточное увлажнение последних часто является причиной массового проявления оползней и склоновых селей. В результате активизации оползней и селей в 1969 г. был причинен большой ущерб народному хозяйству республики, разрушены или частично пострадали населенные пункты, отдельные здания и сооружения, автомобильные дороги, ирригационные системы.

Таджикская ССР типично горная страна, для которой характерно чередование высоких гор с крупными речными долинами, межгорными впадинами и плато. В орографическом отношении поверхность Таджикской ССР представлена Памиро-Дарвазской, Алайской и Тянь-Шаньской горными системами и Ферганской (Кайраккумской), Южно-Таджикской, Амударьинской и другими равнинами. Абсолютные отметки поверхности рельефа колеблются в широких диапазонах - от 300 до 7495 м (пик Коммунизма на Памире). Преобладают высокие отметки, колеблющиеся в пределах 3000-7000 м.

В геологическом строении территории Таджикистана представлен широкий комплекс

разновозрастных (от докембрийских до современных) и разнотипных пород. Сравнительно широко распространены породы интрузивной и метаморфической формаций на Памире, Гиссарском и Кураминском хребтах. В значительной степени породами вулканогенной и осадочно-вулканогенной формаций сложены Заалайский и Дарвазский хребты. В целом преобладают породы терригенной, карбонатно-терригенной, карбонатной, молассовой, флишевой, флишевидной формаций. Местами залегают породы соле- и гипсоносного, лагунно-морского смешанного состава, включая дельтовые обломочные.

Мощными толщами неоген-четвертичных отложений сложены межгорные впадины в Юго-западном и Северном Таджикистане. Из четвертичной группы наибольшее развитие в горах имеют ледниковые, флювиогляциальные, делювиально-пролювиальные и селевые отложения. В Центральном, Северном и Юго-западном Таджикистане по долинам крупных рек и на склонах низких гор преобладают лессовидные суглинки, избыточное увлажнение которых сопровождается активизацией овражной эрозии и оползней.

Территория Таджикской ССР отличается большой сложностью и неоднородностью тектонического строения. Она состоит из различных частей нескольких крупных (выходящих за ее пределы) тектонических поясов. Благодаря высокой сейсмичности территории современные тектонические движения сопровождаются землетрясениями, происходящими как непосредственно в горах Таджикистана, так и на смежных территориях. Крупнейшие землетрясения последнего столетия сопровождались массовым проявлением оползней, обвалов, лавин, селей. Так, девятибалльное (по нашим данным, 10-11-балльное) землетрясение 1911 г. вызвало образование крупнейшего в мире Усойского оползня на Памире (объем сползшей массы более 2,2 млрд. м³). Оползни и обвалы меньших объемов имели место в радиусе более чем 100-150 км вокруг эпицентра. Не менее значительным оползнем, трансформировавшимся в грязекаменный поток, сопровождалось Хаитское землетрясение 1949 г.

Климат Таджикистана характеризуется большими колебаниями сезонных и суточных температур, сухостью воздуха, высокой интенсивностью солнечной радиации, малой облачностью. Эти черты проявляются неодинаково в различных районах. Климат их изменяется от субтропического в предгорьях до холодного в горах. Значительно различие этих зон и по осадкам. Возможны большие колебания в количестве осадков в различные годы. Так, в 1969 г. в период, предшествовавший аномальной активизации оползней, селей и обвалов, синоптическая обстановка была экстремальной, по данным метеостанций Центрального Таджикистана, за это время выпало 1,5-2 нормы осадков, что обусловило интенсивное проявление оползней в лессовидных делювиальных суглинках и глинах, а также грязевых и грязекаменных селей и овражной эрозии.

Экзогенные геологические процессы на территории Таджикистана очень широко развиты и представлены исключительно большим генетическим разнообразием. Оползни в 1969 г. заняли ведущее место среди активизировавшихся экзогенных геологических процессов. Максимальное развитие их наблюдалось в районах залегания мощных толщ неоген-четвертичных отложений в Южно-Таджикской депрессии, по долинам рек Зеравшан, Ягноб, Сурхоб, Вахш. Ограниченная активизация их произошла на Памире, Дарвазском и Заалайском хребтах. Оползневая пораженность в Таджикистане возрастает, как правило, от среднегорья к предгорью, что объясняется зависимостью их проявления от стратиграфо-литологических условий. Известно, что в районах залегания интрузивных, метаморфических, карбонатных и карбонатно-терригенных пород их значение сравнительно снижается. С понижением уровня рельефа в условиях Таджикистана возрастает мощность делювиальных отложений - лессовидных суглинков, глин, лессов. В лессовидных суглинках сформировалось много крупных оползней-потоков, механизм смещения которых первоначально носил блоковый характер. Затем, по мере движения по склону, блоки, разрушаясь, трансформировались в грязевый поток без дополнительного увлажнения. На участках, сложенных суглинками, пораженность оползнями различного типа резко возрастает. В 1969 г. усиление оползневых явлений произошло, в основном, на участках, где их развитие происходило в прошлом - до аномального увлажнения осадками пород. Сравнительно в меньших масштабах возникли оползни на новых участках, где ранее они не проявлялись. Выявлено также, что наибольшее количество оползней возникло на склонах крутизной 25-35°. Они практически отсутствовали на склонах положе 15° и круче 50°.

Вторым по масштабу проявления и нанесенному ущербу народному хозяйству Таджикистана являются сели. В 1969 г. селевые потоки прошли почти по всем временным и малым водотокам высоких и средних гор. Сошло много склоновых селей, сформировавшихся за счет трансформации оползней-потоков и оползней-обвалов. Наибольшая активизация селей произошла в бассейнах рек Муксу, Сурхоб, Вахш, Обихингоу, Ягноб, Зеравшан. Незначительная активизация их была выявлена на Западном Памире. Не произошли изменения в режиме проявления селей на Восточном Памире.

По гранулометрическому составу селевой массы преобладали грязевые, грязекаменные сели. В районах развития протерозойских пород, гранитов и гнейсов, туфопесчаников, где очаги формируются за счет осыпей и обвалов, — водокаменные сели. Генетически преобладали сели оползневых и эрозионных очагов.

Примером оползневого характера зарождения селей может служить селевой поток, прошедший по правому притоку р. Сурхоб северо-восточнее населенного пункта Гарм. 31 мая 1969 г. во время интенсивного дождя, временами переходящего в ливень, в вершине сая Ялдомич в делювиальных суглинках сформировался оползень. По скорости смещения оползень может быть приравнен к лавинному характеру. Он срезал бровку выпуклого перегиба склона и, "спрыгнув" с него как с трамплина, в русло временного водотока, превратился в грязекаменный сель. Мощный селевой вал прошел по северной окраине кишлака, разрушив ряд нежилых строений. Объем оползня в очаге составил около 400 тыс.м³, из них 250-300 тыс.м³ в разжиженном виде прошло по всему руслу р. Ялдомич. Характерно также, что в прошлом р. Ялдомич не была селеопасной. Подобные особенности развития селей на новых участках были выявлены и по другим районам. Сели данного типа практически непредсказуемы. Невозможно установить место их проявления и время, так как непредсказуемы в большинстве случаев место и сроки перекрытия водотоков, как это произошло в сая Ялдомич. Особо следует отметить, что селевые потоки, прошедшие по ранее селеопасным водотокам, не носили катастрофический характер. Они, как правило, не причинили какие-либо серьезные повреждения сооружениям. "Традиционные" участки селепроявления лучше изучены, и народнохозяйственные объекты размещены в этих местах с учетом возможного воздействия на них селей.

В связи с активизацией оползней и селей специальная государственная комиссия провела рекогносцировочное обследование некоторых народнохозяйственных объектов, наиболее пострадавших от разрушительных воздействий этих процессов. Согласно рекомендациям комиссии, во второй половине 1969 г. были проведены исследования с целью оценки состояния и подверженности воздействию экзогенных геологических процессов (ЭГП) всей территории Таджикской ССР и народнохозяйственных объектов. Перед началом работ было разработано программа их проведения и методика инженерно-геологического обследования территории с оценкой подверженности населенных пунктов и других народнохозяйственных объектов воздействию оползней, селей и обвалов.

Программой предусматривалась: а) выявление закономерностей распространения ЭГП и их активизация в 1969 г., б) оценка характера и масштаба воздействия оползней, селей и обвалов на народнохозяйственные объекты в 1969 г., в) оценка степени угрожаемости со стороны ЭГП населенным пунктам, дорогам, ирригационным системам и другим объектам. Работы были начаты с аэровизуальных обследований, проводившихся по всей горной территории на вертолетах МИ-4, позволивших вести исследования до высоты 5000 м. Полеты осуществлялись на высоте 100-200 м над поверхностью земли. При этом с вертолетов велись картирование проявлений ЭГП, оценка активизации и площади распространения свежих и старых оползней, селей и других ЭГП, определение генетических типов оползней, селей, обвалов; оценка возможности прорыва завальных озер по состоянию и генетической особенности озерных перемычек; выбор основных районов для проведения более детальных наземных обследований ЭГП в зависимости от их густонаселенности и пораженности ЭГП. Оценка характера и масштаба воздействия экзогенных геологических процессов на народнохозяйственные объекты в 1969 г. производилась при аэровизуальном и наземном обследовании объектов, расположенных в местах развития одного или группы процессов.

Для наземного обследования выбирались районы наиболее интенсивного проявления ЭГП с учетом их заселенности и народнохозяйственной значимости. Наземное обследование проводилось с использованием автомобильных и пеших маршрутов. На участках

активизации оползней в ходе обследования выявлялись особенности их проявления в зависимости от рельефа, геологических, гидрогеологических, структурно-неотектонических и сейсмических условий с учетом антропогенных факторов (ирригация, подрезка склона и т.д.). При изучении геоморфологических условий формирования оползней особое внимание уделялось крутизне, профилю и возрасту склонов, наличию на них унаследованных сейсмогенных деформаций, степени задернованности и залесенности. При этом фиксировались генетический тип оползней, их параметры, причины, размер и формы проявления. Особое внимание обращалось на выявление признаков возобновления оползневых процессов на оползневом склоне. Для каждого населенного пункта или хозяйственного объекта, находящихся под угрозой воздействия оползней, составлялись абрисы с показом зоны возможного их развития и объектов, находящихся под угрозой.

При обследовании селевых районов оценивалась селеносность водотоков, выявлялись наиболее активные селеносные водотоки, зоны зарождения, транзита и аккумуляции селей, определялась зона максимального воздействия селевых потоков на хозяйственные объекты, изучались типы и распространенность различных очагов зарождения селевых потоков, оценивалась интенсивность формирования очагов твердой составляющих селей. По гранулометрическому составу селевых отложений устанавливался тип потоков, а по объему (по длине, ширине, высоте селевых гряд) селевых выносов — их мощность. На основе анализа гидрометеорологических факторов, подпруженности водостоков, состояния современных ледников определялись особенности формирования жидкой составляющей селей. Особо тщательно проводились обследования по оценке угрожаемости селевых потоков различным объектам народного хозяйства. Выявлялись все возможные места образования в селесточковых руслах заторов, прорыв которых часто сопровождается изменением направления движения или усилением потоков. Составлялся подробный абрис очагов, зон транзита и аккумуляции с выделением мест расположения объектов в зоне воздействия селей.

Для Таджикистана еще раньше (до обследования) были выявлены характерные особенности распространения и случаев прорыва подпруженных озер высокогорий. Проводились работы по оценке устойчивости естественных плотин, прорыв которых, как правило, сопровождается формированием катастрофических селей. Разрушение завальных плотин может быть вызвано переливом воды через них в результате обрушения больших объемов пород с бортов, выхода селевых потоков в водоем по притокам, особую опасность для прорыва горных озер представляют регрессивная эрозия и сильные землетрясения, в связи с чем при обследовании оценивались все эти факторы. В процессе обследования велось картирование всех проявлений ЭПП и некоторых факторов, определяющих их развитие. Кроме того, комплекс данных об оползнях, обвалах и селях заносился в специальные таблицы, что позволило составить каталог оползней, угрожающих народнохозяйственным объектам, и каталог селеопасных бассейнов.

По результатам обследования были составлены инженерно-геологическая карта условий проявления ЭПП и инженерно-геологические карты районирования территории по условиям и интенсивности проявления оползней, селей, осшей и обвалов (самостоятельные для каждого процесса и совмещенная). Эти карты имеют большое значение для познания закономерностей развития процессов и для планирования размещения народнохозяйственных объектов и освоения геологической среды.

Оценка степени угрожаемости экзогенных геологических процессов народнохозяйственным объектам производилась, главным образом, по методу аналогии на основе выявленных закономерностей развития и активизации каждого типа процессов. Аналогами для оценки прогнозируемых последствий воздействия процессов на объекты принимались конкретные случаи, происшедшие на других участках, сходных по природным условиям. На основе оценки подверженности народнохозяйственных объектов воздействиям ЭПП они подразделялись на пять групп.

Первая группа — населенные пункты и другие объекты, подверженные активному воздействию ЭПП и подлежащие переносу на другое место. Это населенные пункты, которые находились под угрозой разрушения оползнями или селями.

Вторая группа — населенные пункты, не полностью подверженные воздействию ЭПП и подлежащие частичному переселению. Они выделяются по явному признаку возможного воздействия селей и оползней на часть поселка.

Третья группа – населенные пункты и другие объекты народного хозяйства, подверженные воздействию ЭП и подлежащие частичному переносу, а для оценки степени опасности для остальной части объекта требуется постановка дополнительных инженерно-геологических работ.

Четвертая группа – населенные пункты и другие объекты народного хозяйства, для окончательной оценки степени подверженности воздействию ЭП которых требуется проведение дополнительных более детальных инженерно-геологических работ. В эту группу вошли объекты, для которых в ходе рекогносцировочного обследования было выявлено проявление ЭП., но не были решены вопросы об угрозе их этим объектам.

Пятая группа – населенные пункты и другие объекты, расположенные вне зоны активного воздействия ЭП. Сюда отнесены объекты, расположенные вне участков активного проявления процессов.

По всем обследованным народнохозяйственным объектам первой-четвертой групп составлялись инженерно-геологические заключения, в которых указывались основные практические мероприятия для обеспечения безопасности народнохозяйственных объектов. Заключения представлялись в местные органы советской власти. Практическая реализация заключений осуществлялась через эти органы.

Глава 5

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ СЛУЖБЫ НАБЛЮДЕНИЯ И ОПОВЕЩЕНИЯ В УЗБЕКСКОЙ ССР

Горные районы Узбекистана занимают 20% площади (более 90,0 тыс.км²), где интенсивно развиты современные экзогенные геологические процессы (оползни, обвалы, сели, овражная эрозия, карст, суффозия). Специализированными исследованиями выявлено более 3,5 тыс. современных оползневых участков, развитых на площади 188,1 тыс. га, зафиксировано более 1,0 тыс. больших и малых снежных лавин, установлено 2132 случая селепроявления. При смещении пород в результате данных процессов ежегодно переносится несколько сот тысяч куб. метров горных пород, а в годы аномального развития экзогенных геологических процессов объемы смещенных масс пород достигают миллиардов куб. метров. Как правило, это наиболее плодородные и обжитые территории, имеющие важное народнохозяйственное значение, защиты их от этих опасных геологических процессов – одна из важнейших задач. В первую очередь, в горных регионах, где экзогенные геологические процессы характеризуются массовым распространением высокой скоростью движения, периодичностью образования, взаимосвязью между процессами, необходимо наладить оперативную службу наблюдений за опасными геологическими процессами и оповещения.

В Узбекистане с 1958 г. регулярно работает служба, целью которой является своевременное предупреждение жителей об опасности, выявление новых участков и изучение динамики существующих оползневых процессов. Работа проводится в трех направлениях:

- площадные наблюдения;
- исследования на наблюдательных и опорных стационарных участках;
- исследования на наблюдательных инженерно-геологических полигонах.

Площадные наблюдения проводятся службой слежения путем аэровизуальных наблюдений территорий, находящихся в зоне развития экзогенных геологических процессов. Она создается только в период активизации оползневых, селевых процессов и начинают функционировать с момента ранних оттепелей (15 февраля) и заканчивается спустя 10-15 дней после прекращения дождей (1 июля). В зависимости от метеорологических условий и степени интенсивности развития опасных геологических процессов сроки наблюдений могут быть сдвинуты. Наблюдениями охватываются все населенные пункты, промышленные объекты, дома отдыха и другие сооружения, вблизи которых возможно образование новых экзогенных процессов. При этом, площадными наблюдениями просматриваются все виды опасных геологических процессов, так как все они в природе взаимосвязаны и взаимообусловлены. Так, многие оползневые явления не опасны в отдельности, но в сочетании с другими экзогенными процессами (сели, овражная эрозия, просадка), имеющими тесную взаимосвязь с оползнями, могут создать сложную обстановку.

В частности, просадочность лессовых пород на склонах часто переходит в оползневой процесс, оползни-потоки — в грязевой селя. Грандиозные катастрофические оползни и обвалы перекрывают русла рек, создавая завальные плотины и горные озера, которые со временем разрушаются и обуславливают возникновение мощных селевых потоков. Поэтому в решениях ЦК КПСС и правительства указывается на необходимость разработки, проектирования и принятия комплексных мер защиты природных ресурсов и объектов.

Ведь во многих случаях своевременная профилактическая борьба с оползнями, селями-экономически выгодное дело, оно создает возможность предотвратить катастрофу, сохранить промышленные сооружения и наиболее плодородные земли. Для своевременного предупреждения районные инженеры каждые 10-15 дней производят облет территории, при необходимости делают посадки, фиксируют происшедшие изменения в рельефе склона, наносят их на карту и делают необходимые записи. Они постоянно извещают соответствующие организации о состоянии склонов, предупреждают о возможности образования новых процессов в том или ином районе. Кроме того, на эту службу возложена организация широкой оповестительной и разъяснительной работы среди населения и коллективов организаций, контроль за выполнением ранее выданных рекомендаций. В результате налаженной четкой работы данной службы жители многих горных поселков переселены в новые благоустроенные дома, расположенные в безопасном месте. Вместе с тем, служба дает большую геологическую информацию для выделения зон активизации процессов, о региональной динамике их развития, где в последующее время учащаются циклы наблюдения и выбираются участки для постановки комплексных инструментальных измерений. Число данных участков, в связи с расширением и интенсификацией хозяйственного освоения горных и предгорных районов, постоянно возрастает. Поэтому в зависимости от практической значимости они в дальнейшем разделяются на специальные и опорные.

Исследования на наблюдательных участках организуются на оползне- или обвалоопасных склонах, обязательно расположенных над горными поселками, домами отдыха, промышленными предприятиями, и имеют целью выдачу предупредительной информации для принятия своевременных мер безопасности. В связи с их большим количеством здесь проводится ограниченный комплекс наблюдений (рулеточные промеры между марками, поверхностными реперами, деформометрами), которые выдают моментальную информацию, не требующую дополнительных пересчетов. На данных участках ввиду их большого количества, а также экономической нецелесообразности строительства защитных сооружений, детальные геологические и гидрогеологические исследования по изучению условий формирования экзогенных процессов не проводятся. Здесь применяется только ограниченный комплекс геофизических и полевых методов (зондирование) исследования.

Исследования на опорных участках проводятся с целью разработки методов прогноза интенсивности развития процесса. В основу выбора стационарного репрезентативного участка положено генетическое разделение оползней по механизму их развития. Организации стационарного участка предшествует выполнение комплекса инженерно-геологических работ, направленных на определение участков вероятного выклинивания подземных вод, распределения прочности пород в массиве, моделирование напряженно-деформируемого состояния пород. Это позволяет оценить состояние оползневого массива, наметить места горных и буровых выработок, определить оптимальные интервалы опробования, установить направление расчетного створа и расположение поверхностных и глубинных реперов, выработать предварительную гипотезу о механизме развития оползня. На этих участках устанавливается высокоточная наблюдательная сеть за измерениями перемещения пород на поверхности и на глубине, за изменением уровня подземных вод, естественной влажности и порового давления. Здесь определяется направленность и интенсивность развития процесса в целом и его отдельных частей, количество мощностей и форма зон скольжения, скорость и продолжительность развития процесса в различных стадиях его развития.

Данная структура исследований до недавнего времени удовлетворяла потребности народного хозяйства республики, однако интенсивное строительство крупных сооружений усилило активизацию оползневых процессов, вызванных деятельностью человека, что требует пересмотра структуры службы слежения за опасными геологическими процессами с учетом проблемы взаимоотношения человека с природой. Обобщение данных о негативных последствиях изменения в геологической среде наглядно показывает, как на наших

глазах исследования по рациональному использованию и охране геологической среды превратились в важнейшую проблему современности.

Актуальность данной проблемы понятна всем, однако трудно в полной мере осознать истинную сложность изучения механизма влияния деятельности человека на геологическую среду в пространстве и во времени. Чрезвычайно важно получение объективной детальной информации о состоянии среды в настоящем и будущем, о причинах возможных изменений в природе (в первую очередь антропогенных), о неблагоприятном воздействии некоторых явлений и их источниках и, конечно, необходимо научно обоснованное представление о том, какие нагрузки на природную среду являются допустимыми, не приводящими к негативным последствиям. Нельзя, однако, сказать, что сегодня у нас разработаны четкие принципы постановки и проведения комплекса систематических наблюдений за состоянием геологической среды и на хорошем качественном уровне ведутся контроль за ее изменением под воздействием человека и мероприятия по регулированию управлением средой.

Наблюдения на инженерно-геологических полигонах. Сейчас во многих областях приступают к разработке научных и методических основ создания специальной системы наблюдения, получившей название "мониторинг" – система наблюдений и прогнозов за состоянием окружающей среды и предупреждения о проявлении опасных процессов.

Для решения этой проблемы в Узбекистане с 1979 г. начались первые работы по созданию наблюдательных инженерно-геологических полигонов. В качестве репрезентативных районов с интенсивным развитием различных процессов были выбраны Чарвакское горное водохранилище (объем 2 млрд. м³, площадью 40 км² и максимальной глубиной 160 м) и Ангренский промышленный район. Здесь на протяжении 10 км на левобережье р. Ахангарана расположены Ангренский угольный карьер и Джигристанский карьер горелых пород. Выше них создается плотина высотой до 100 м и водохранилище, а для отвода реки от карьера проведен семикилометровый туннель. Ниже карьеров по течению р. Ахангарана на левобережном склоне большая площадь занята под отвалы общим объемом более 230 млн. м³, рядом на склоне действуют угольная шахта и подземная газификация угля. Изменение геологической среды связано с взаимодействием различных сооружений (водохранилище – карьер), вода в водохранилище глубиной 90 м будет располагаться над угольным карьером глубиной 520 м. Шахта и подземная газификация угля ведут разработку на одном склоне на расстоянии друг от друга 400 м, где в нижней части отсыпаны отвалы высотой 60 м. Эти работы уже вызвали активизацию 8 крупных оползней, многие из которых и в настоящее время продолжают развиваться. Для прогноза развития оползневых процессов здесь уже проводятся работы не на отдельных участках, а по региональным створам по изучению области питания подземных вод ниже плотины, заиления и подтопления в каньонах рек, выпадающих в его верхнюю часть, обводнения разломов, пересекающих чашу водохранилища, переработки берегов, формирования гидродинамического давления при большой сработке уровня воды, интенсивности развития эрозионных процессов при строительстве линейных сооружений (автодорог, каналов), изменения гидрогеологических условий и физико-механических свойств пород при увеличении глубины и сроков длительности стояния бортов карьера. Данная система наблюдений позволит перейти от изучения причин к поиску предвестников смещения и своевременному прогнозу, а также выработке научно обоснованных индикаторов по допустимой предельной концентрации и нагрузке, увлажненности пород, прочности, деформируемости, напряжениям и т.д. Она содержит региональные наблюдательные профили, характеризующие области питания, движения и разгрузки подземных вод, систематические наблюдения за состоянием геологической среды, контроль за ее изменением под воздействием человека и эффективностью мероприятий по регулированию управления средой. На таких полигонах должно осуществляться слежение за состоянием основных геосистем: первая группа – естественные процессы, вторая – инженерно-геологические и третья – управляемые в сходных природных условиях. Эта система должна выявлять источники возможных антропогенных изменений, а получаемая информация позволит принимать решения для предотвращения нежелательных последствий воздействия человека на среду с учетом экономических возможностей и существующих научно-технических достижений.

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОГНОЗЫ ОПОЛЗНЕЙ И СЕЛЕЙ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ СССР

1. Общие положения

Черноморское побережье СССР по своим природно-климатическим условиям является уникальным регионом, имеет большое значение для народного хозяйства страны, особую ценность представляет как всемирно известная курортная зона.

В геологическом отношении Черноморское побережье характеризуется сложностью и разнообразием строения, интенсивным проявлением экзогенных геологических процессов, которые причиняют большой ущерб и в значительной мере затрудняют освоение территории [5]. Наиболее распространены оползни, сели, абразия и эрозия, развивающиеся в большинстве случаев взаимосвязанно, в виде парагенетических комплексов. Сложность и многообразие геологических условий обусловлены распространением в пределах Черноморского побережья СССР различных геологических структур, крупнейшими из которых являются мегантиклинории Горного Крыма и Главного Кавказского хребта, Грузинский срединный массив (альпийская складчатая система) и Причерноморская впадина (Русская платформа). В геологическом строении территории принимают участие породы самого различного генезиса, возраста и состава, от палеозойских метаморфизованных образований до современных четвертичных отложений, объединенных более чем в шестьдесят стратиграфо-генетических комплексов. Значительное влияние на развитие Черноморского побережья оказывают современные тектонические движения, характеризующиеся значительной скоростью и контрастностью. Величина положительных вертикальных движений осевой части Главного Кавказского хребта составляет 14 мм в год. Береговая зона на всем своем протяжении, за исключением отдельных небольших по протяженности участков, испытывает погружение, скорость которого достигает 6,5 мм/год (район г. Поти), составляя в среднем 0,7–1,4 мм/год [2]. Отрицательные вертикальные движения в сочетании с эвстатическим подъемом уровня Черного моря являются причиной активизации абразии и оползневых процессов в береговой полосе.

Значительной изменчивостью и разнообразием характеризуется рельеф описываемой территории, представленный практически всеми возможными типами — от высокогорий до прибрежных равнин, плавней и днищ крупных долин. Разнообразные климатические условия Черноморского побережья СССР, связанные, прежде всего, с высотной зональностью, наличием различных природных зон — от вечных снегов до влажного субтропического климата. Такое разнообразие условий развития экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье СССР обуславливает значительное количество их генетических типов и разновидностей.

2. Закономерности распространения и развития оползней

В регионе Причерноморской впадины (северо-западное побережье Черного моря, западное побережье Крыма, Керченский и Таманский полуострова) оползневые процессы развиваются исключительно в береговой полосе моря и лиманов, в областях прибрежной равнины и грядово-холмистого рельефа. Оползневые процессы северо-западного побережья (наиболее типичные и изученные в регионе) развиваются в районах, где у основания берегового уступа залегают меотические или верхнеплиоценовые красно-бурые глины. В таких случаях береговая полоса практически на всем протяжении поражена оползнями. Характер развития оползневых процессов и морфология оползневой полосы находятся в тесной зависимости от геологического строения и высоты берегового уступа. По геологическим условиям можно выделить четыре типа оползней, связанных с деформациями: а) скифских красно-бурых глин; б) прослоев понтических глин; в) кровли меотических глин; г) глубоких горизонтов меотических глин.

Оползни первого типа имеют широкое распространение преимущественно на участках с довольно низким береговым уступом и залеганием в его основании красно-бурых глин. При этом обычно наблюдается одна оползневая ступень. Оползни второго типа распростра-

нены незначительно. Оползни третьего типа достаточно часто встречаются как на морских берегах, так и на берегах лиманов. Наибольшей ширины (до 300 м) оползневая полоса достигает на участках распространения оползней четвертичного типа, развитых преимущественно в районе г. Одессы. Для них характерно наличие нескольких запрокинутых к берегу оползневых ступеней (3-4) и валов выдавливания дна моря в его прибрежной части. В районе г. Одессы оползни образуют в береговом уступе амфитеатры протяженностью до 500 м. Оползни характеризуются длительным периодом медленных смещений, которые завершаются катастрофической подвижкой в виде отчленения новой очередной ступени от плато. Во время катастрофической активизации движение оползневых масс обычно происходит на всем склоне от плато до моря, а в море, как правило, образуются валы выдавливания. Период между катастрофическими подвижками колеблется для различных амфитеатров в широких пределах — от 25-30 лет до 105 лет. Полученные в результате многолетних режимных исследований данные об активности проявления оползней на Одесском побережье и режиме факторов, их определяющих, — штормов, уровней моря, абразии, осадков, — позволили выявить корреляционные связи между этими величинами. Анализ выявленных корреляционных зависимостей раскрывает физическую сторону явления в следующем виде: при значительных пригрузках верхней части склона, когда оползневое давление (сдвигающие усилия) существенно превосходит силы, препятствующие смещению (силы трения и сопротивление сжатию нижней части оползневого тела), т.е. во время катастрофических подвижек, деформация склона определяется именно возросшим оползневым давлением. В период достижения относительного равновесия и отсутствия пригрузки верхней части склона нарушение равновесия обуславливается размывом его основания, т.е. уменьшением силы сопротивления пород сжатию. Абразионный размыв создает условия для концентрации напряжений у основания склона и приводит к его деформации. Поскольку смещения, вызванные размывом, сравнительно невелики (дециметры в год), непосредственное их влияние распространяется лишь на среднюю часть склона. Зависимость между смещением нижней части склона и штормовой активностью моря довольно тесная — коэффициент корреляции 0,8 — и аппроксимируется уравнением регрессии $X = 0,024y - 0,032$. Воздействие моря на прибрежную часть плато передается с запаздыванием по мере размыва нижней части оползней. В связи с вышеизложенным, время катастрофических подвижек может не совпадать с периодом активизации оползневых процессов на всем побережье, а также активизацией основных оползнеобразующих факторов.

В развитии оползней на Одесском побережье выявлена цикличность и связь с солнечной активностью. Установлено, что максимальная активность оползней приурочена к I четверти 11-летнего цикла солнечной активности (вероятность 0,63). Наибольшая активность проявления оползней наблюдается в минимумы солнечной активности (вероятность 0,88) и на ветвях роста (вероятность 0,78). В настоящее время на большей части побережья в районе Одессы возведены берегозащитные сооружения (см. гл. 10).

В пределах мегантиклинория Горного Крыма оползневые процессы наиболее интенсивно развиты на Приморском южном склоне Крымских гср. Преобладают оползни-потоки, которые нередко протягиваются от берега моря до уступа Крымской яйлы. Современные оползневые смещения происходят в виде сплывов, оплывин, оползней-потоков, оползней-блоков. Последние распространены повсеместно, но чаще встречаются на морских берегах и развиваются как в породах таврической серии (терригенный флиш $T_3 + I_1$), так и в поверхностных отложениях. Оплывины обычно приурочены к древним оползневым циркам. Сплывы происходят на крутых склонах с небольшой мощностью четвертичных отложений. Основной причиной возникновения оползней на морских склонах современного и новочерноморского возраста является абразия; в речных долинах на склонах такого же возраста — эрозия, на более древних склонах — увлажнение атмосферными осадками и подземными водами. Режимные исследования на южном берегу Крыма (ежегодное дежурное инженерно-геологическое обследование) проводятся с 1962 г. Обследуется около 400 активных оползней. Для каждого оползня ежегодно отмечается его активность в виде максимального зафиксированного смещения. За показатель активности проявления оползневых процессов принято также число оползней, на которых зафиксированы смещения в данном году. Результаты дежурного обследования используются для составления временных рядов активности проявления процессов.

Общая пораженность Южного берега Крыма активными оползнями составляет 4,8% от всей площади [5], при этом наиболее часто возникновение оползней связано с эрозией (45,2% от общего числа оползней). Доля оползней, обусловленных абразионными процессами, составляет около 15%. Наиболее активными являются оползни на склонах крутизной от 10 до 25°, они составляют около 65% от всех случаев проявления оползней. В оползневой процесс в настоящее время вовлечены в основном поверхностные отложения и выветрелые породы таврической серии. Мощностные отложений, охваченных современными оползневыми смещениями, колеблется от нескольких десятков сантиметров до 20 м. Преобладают оползневые подвижки небольших размеров, площадь в среднем не более 4000 м². Такие оползневые смещения в 1962–1972 гг. составляли примерно 35% от всех зафиксированных случаев. За период режимных наблюдений с 1962 по 1972 гг. во всех генетических типах оползней преобладали смещения до 0,1 м в год. Среднее максимальное горизонтальное смещение за десять лет равно 7 м в год, а вертикальная осадка – 3,5 м в год. Абсолютное максимальное оползневое смещение за последние 10 лет составило 25,6 м. Сопоставление активности проявления оползней с режимом выпадения осадков показывает взаимосвязь изменения общего числа оползней с годовым количеством осадков. При этом максимальная активизация оползней проявляется с запаздыванием на один год.

Кроме временных рядов, характеризующих региональную активность проявления оползней, были проанализированы ряды отдельных оползней. Анализ взаимно корреляционных функций показал, что между оползневыми смещениями и годовым количеством осадков имеется тесная связь. Наибольшие значения коэффициента корреляции 0,72 и 0,66 наблюдаются со сдвигом в один год. Таким образом, активизация оползневых процессов на участках, удаленных от моря, обусловлена аномально большим количеством атмосферных осадков, которые вызывают увлажнение склоновых отложений и формирование эродирующего стока, а в береговой полосе – штормовой деятельностью, вызывающей абразию склонов, и атмосферными осадками увлажняющими оползневые накопления.

В пределах мегантиклинория Главного Кавказского хребта, на южном его склоне, примыкающем к Черноморскому побережью, оползни наиболее интенсивно проявляются в прибрежной части, в районе распространения терригенного флиша, на участках, протягивающихся полосой от устья р. Шахе на восток до р. Мзымты. Коэффициент пораженности здесь колеблется от 0,5 до 0,9. Наибольшая интенсивность проявления оползней приурочена к зоне Пластунского надвига ($K_p = 0,9$). Оползневые процессы интенсивно проявляются в верховьях р. Кодори, в породах терригенной формации нижней и средней юры ($K_p = 0,5–0,6$). В долине р. Ингури оползни имеют площадное развитие на ее левобережье, в районах, сложенных карбонатно-терригенными породами нижнего и верхнего мела, а также породами карбонатной формации нижнего мела. Оползни приурочены к региональному, в настоящее время активному тектоническому разлому, отделяющему мегантиклинорий Главного Кавказского хребта от Грузинского срединного массива. В бассейне Цхенис-Цкали оползни широко распространены на правобережье при выходе реки из горной части в эффузивно-терригенных и карбонатных породах. Наиболее крупные смещения блоков карбонатных пород приурочены к тектоническому разлому. На правобережье широко развиты преимущественно древние оползневые формы в киммердж-титонских эффузивно-терригенных породах ($K = 0,5$). Наиболее сильная интенсивность проявления оползневых процессов в восточной части южного склона Главного Кавказского хребта наблюдается в районах распространения третичных пород. Коэффициент пораженности здесь достигает 0,8–0,9. Значительное проявление оползневых процессов отмечается на полуострове Абрау-Дюрсо. Смещения крупных массивов верхнемелового флиша на этом участке приурочены к продольному глубинному тектоническому разлому.

Средняя интенсивность проявления оползней наблюдается в районах распространения песчано-глинистых пород нижнего мела и карбонатно-терригенного флиша верхнего мела на участках побережья от Лазаревское до Туапсе. В целом оползневые процессы наиболее интенсивно развиваются в поверхностных образованиях (делювий и кора выветривания). В районах интенсивного проявления преимущественное развитие имеют оползни-потоки, которые обычно представляют собой ложбины, заполненные оползневыми накоплениями. Оползневые процессы в крупных оползневых ложбинах развиваются по бортам и в головных частях. В отдельные годы активизация охватывает всю ложбину. Оползни-блоки в коренных породах имеют площадное распространение преимущественно в бере-

говой полосе (на морских склонах). Особенно большие размеры они имеют на участках крупных региональных разломов (п-ов Абрау, верховье р. Кодори, район г. Лазаревское). Этот тип оползней часто относят к сейсмотектоническим. В районах интенсивного площадного проявления оползней выделяются несколько их возрастных генераций. Наибольшая активность проявления наблюдается на современных склонах и склонах новочерноморского возраста. Основными причинами активизации оползней на морском склоне является абразия, в долинах рек — эрозия. Значительную роль в активизации оползневых процессов играет увлажнение склоновых отложений атмосферными осадками. Как правило, оползни в делювиальных отложениях и в коре выветривания обычно наблюдаются в периоды наибольшего увлажнения. Оползни в скальных породах возникают по трещинам напластования или по тектоническим трещинам. Эти трещины в бортах долин находятся в зоне разгрузки напряжений и по ним происходит боковой отпор и отседание блоков пород. Под действием бокового отпора в основании склона в нижней части его формируется поверхность скольжения.

В пределах Грузинского срединного массива, как геоструктурного элемента земной коры, оползни имеют исключительно интенсивное развитие. Это обусловлено, прежде всего, широким распространением песчано-глинистых слабометаморфизованных пород палеоген-неогена. Особенно интенсивно оползневые процессы развиваются в аргиллитоподобных майкопских глинах. Коэффициент оползней пораженности территории распространения этих пород составляет 0,8–0,9, достигая максимума на участках, прилегающих к крупным региональным разломам. Широкое распространение оползни имеют также в породах терригенной формации палеоген-неогена в районе г. Сочи. Коэффициент оползневой пораженности здесь колеблется от 0–6 до 0,8–0,9. По форме проявления в описываемом регионе выделяются такие же типы оползней, что и в предыдущем. Наблюдается четкая зависимость формы проявления оползневых процессов от особенностей геологического строения. На склонах, совпадающих с падением пород, первоначальное смещение (оползни первого порядка) происходит в виде блоков или пачек слоев, а на склонах, где падение пород направлено вовнутрь склона, оползни развиваются преимущественно в делювиальных отложениях и характеризуются меньшей интенсивностью проявления.

Наиболее интенсивно оползни проявляются в береговой зоне. В прибрежной полосе шириной от 1 до 4 км от г. Анапы до г. Адлера зафиксировано более 1 тыс. оползней. Наибольшая активность оползневых процессов наблюдается в районах с максимальной пораженностью территории оползнями. Наибольшей оползневой активностью характеризуется Сочи-Мацестинский район, где коэффициент частотной оползневой активности составляет 10–12 оползней/км². В Сочи-Мацестинском оползневом районе проводится ежегодное дежурное инженерно-геологическое обследование, начиная с 1951 г. Оно охватывает прибрежную полосу шириной от 1 до 4 км. В начальный период общая площадь обследования составляла 40 км², затем была сокращена до 29 км². При этом фиксируются все изменения, происходящие на склонах в периоды между наблюдениями. Всего на территории обследования зарегистрировано 700 оползней. Наиболее активные оползневые процессы проявляются на современных склонах, опирающихся на первую морскую или пойменную террасу. На более древних склонах они активизируются только в верхних приводораздельных частях. Форма оползневых смещений в плане преимущественно глетчеровидная, что типично для оползней, развивающихся в покровных отложениях. По генетическим особенностям можно выделить следующие виды оползней: оползни-блоки, оползни-потоки, оплывины и сшавы. Преобладают оползни-потоки. По механизму преимущественно развиты смещения пластического течения. Мощности отклонений, вовлекаемых в оползневый процесс, колеблется от нескольких десятков сантиметров до 10 м, преобладает до 3 м (около 60%).

Активизация оползней Сочи-Мацестинского района в поверхностных отложениях носит сезонный характер. Установлено, что почти все оползневые подвижки происходят в наиболее влажный осенне-зимне-весенний период. Значительная активизация оползневых процессов наблюдается в этом районе в январе и феврале. На эти месяцы приходится 37–40% всех случаев оползневых подвижек за год [5]. Массовая активизация оползней приурочена не только к сезону, но даже к отдельным дням с аномальным количеством осадков. Например, в 1952 г. такая активизация произошла в течение одного дня — 24 февраля. В этот день возникло 58 новых оползней и активизировалось 66 ранее образовавшихся. Одновременная активизация оползней была вызвана не только

большим количеством осадков, но и их распределением. Общее количество осадков за февраль составило 200% к средней месячной многолетней норме. При этом в первую декаду февраля выпало осадков около нормы, во вторую – 50% нормы, а в третью – 460%. В день массовой активизации оползней выпало 84 мм осадков.

Анализ выделенных рядов оползневых процессов и факторов показал связь активности оползней с солнечной активностью и увлажненностью территории. В периоды максимумов солнечной активности наблюдается усиление активности оползневых процессов. Экстремумы активизации оползней и годового количества осадков совпадают во времени.

3. Прогноз развития оползней

Прогноз оползневых процессов на Черноморском побережье СССР основан на закономерностях их проявления, выявленных для выше охарактеризованных опорных районов (Одесского, Южного берега Крыма и Сочи-Магистинского). При этом доказано, что развитие оползней во времени в береговой зоне связано с абразией и атмосферными осадками, вне ее – с атмосферными осадками. Интенсивность проявления их в прогнозируемые периоды активизации определяется современной пораженностью территории оползнями.

Таким образом, по основным факторам, определяющим развитие оползней, выделяются две основные группы режима. Первая связана с динамикой абразионных процессов, которая, в свою очередь, в одних случаях определяется изменениями уровня моря, в других – штормовой активностью, в третьих – и тем, и другим. Вторая группа определяется режимом выпадения осадков. По многолетнему ходу увлажненности эта группа может быть разделена на два типа – крымский и кавказский. Общий ход интегральных кривых аномалий годового количества осадков на кавказском побережье хорошо согласуется с ходом интегральной кривой аномалий среднегодовых значений чисел Вольфа, для крымского побережья отмечается только общая тенденция.

Типы режимов по особенностям распределения увлажненности или абразии в многолетнем разрезе подразделены на виды. На Кавказском побережье по особенностям увлажнения выделено восемь видов режима, в Крыму – два. По особенностям проявления абразии выделено пять видов режима. По сочетанию видов режимов основных факторов, определяющих развитие оползней, выделено 12 зон.

В настоящее время на всем побережье наблюдается вековое затухание активности оползневых процессов, которое продлится до 1990–2010 гг. На фоне вековой ветви затухания активности процессов будут наблюдаться периоды ее усиления. Следующий период векового экстремума активизации оползней предполагается в середине следующего столетия (примерно 2030–2060 гг.). В конце текущего – начале следующего столетия (1990–2010 гг.) ожидается активизация оползневых процессов, приуроченная к вековой эпохе минимума (абсолютных аномалий) солнечной активности. Режим оползней северо-западного побережья определяется абразией, активность которой связана с изменениями уровня моря. Наиболее сильную активизацию оползневых процессов, на основе анализа прогнозных данных по изменению уровня моря, следует ожидать в 1999–2000 гг., а по результатам анализа графиков оползней по частям 11-летнего цикла этот период будет приурочен, по всей вероятности, к I четверти цикла 23 / или эпохе минимума солнечной активности циклов 22 и 23 (1998–2002 гг.).

При составлении излагаемого прогноза в 1975 г. значительная активизация оползней, приуроченная к минимуму между циклами 21 и 22 (вероятность 0,88), прогнозировалась на 1980–1982 гг. Необходимо отметить, что в данном случае прогноз оправдался вполне удовлетворительно. Небольшая активизация оползней в этой зоне предполагается в 1990–1992 гг.

На Южном берегу Крыма активизация оползневых процессов, как это отмечалось, в береговой полосе обусловлена абразией и в значительной мере атмосферными осадками, а на участках, удаленных от моря, – атмосферными осадками. В этом районе преобладают оползни, в развитии которых основную роль играют атмосферные осадки. Изменение их активности будет соответствовать ходу атмосферных осадков, с запаздыванием примерно на один год. Наиболее сильная активизация оползней, обусловленная аномальным количеством осадков и усилением абразии, ожидается в 1986–1988 и 1997–1999 гг. В эпохи максимальной активизации оползневые подвижки могут наблюдаться на всей

площади современных склонов, и в движение может вовлекаться весь оползень. В головной части возможно вовлечение в оползневый процесс массивов еще не смещенных пород.

В Юго-восточной части Крыма активизация оползневых процессов, обусловленная большими аномалиями осадков и абразией, ожидается в 1985–1989 гг., такая же по силе активизация, предсказанная на 1978–1981 гг., в основном оправдалась. Сильная активизация оползней, обусловленная только атмосферными осадками, будет наблюдаться в 1994–1997 гг., слабая, в береговой полосе, связанная только с абразией – в 1997–1999 гг.

В пределах мегантиклинория Главного Кавказского хребта, на побережье от Новороссийска до Туапсе на фоне общего затухания оползневых процессов примерно до 2010–2012 гг. будут наблюдаться отдельные периоды активизации оползней. Повышенной активностью будут отличаться периоды максимумов 11-летнего солнечного цикла, менее активное проявление оползней возможно в периоды минимумов солнечной активности.

Активизация оползневых процессов, вызванная атмосферными осадками, ожидается в 1997–2000 гг. и будет приурочена, вероятно, к IV четверти цикла 22. Менее значительная активизация оползней предполагается в 1987–1989 гг., 1992–1994 гг. Активизация оползней в береговой полосе (на незащищенных участках) ожидается в 1995–1997 гг.

На участках побережья, сложенных преимущественно карбонатным флишем верхнего мела и песчаниково-аргиллитовыми породами нижнего мела и удаленных от моря, оползневые процессы в периоды активизации будут проявляться в виде небольших опывин и сплывов делювиальных и оползневых отложений на крутых склонах, реже смещения будут происходить в виде оползней-блоков в тех же породах. На участке побережья в районе г. Гагра наиболее сильная активизация, связанная с осадками, ожидается в 1986–1987 гг., слабая – в 1995–2000 гг. Активизация, обусловленная абразией, предполагается в 1995–1997 гг.

В связи с тем, что для среднегорных и высокогорных областей Кавказа не имеется данных о проявлении оползней, при составлении прогнозов использовались те же закономерности, что и для прибрежных районов. В горных районах наиболее сильная активизация оползней, обусловленная значительным количеством осадков, прогнозировалась на 1981–1982 гг., слабая – на 1987 г., 1992–1996 гг. Необходимо отметить, что прогноз сильной активизации на период 1981–1982 гг. оправдался. В среднегорных и высокогорных районах Абхазии прогнозируемый режим оползневых процессов будет несколько иным. Наиболее сильная активизация оползней возможна в 1987 г. и 1995–1996 гг., слабая – в 1999–2000 гг. В высокогорных частях бассейнов рек Ингури, Цхенис-Цкали наиболее значительная активизация оползней ожидается в 1986–1987 гг. и 1998–2000 гг. Оползневые процессы здесь будут проявляться в виде блоков, опывин и потоков.

В пределах Грузинского Среднего массива, в Сочи-Мацестинском оползневом районе наиболее сильная активизация оползневых процессов, связанная с осадками, ожидается в 1997–2000 гг., менее значительная – в 1987–1988 гг. и 1992–1993 гг. Активизация в береговой зоне в связи с абразией предполагается в 1995–1997 гг. При этом на современных склонах активизация будет охватывать все тело оползня-потока, а на древних – только головную часть.

В районах Зугдиди и Гегечкори наиболее сильная активизация оползней, по всей вероятности, будет наблюдаться в 1987–1989 гг., значительная – в 1998–1999 гг., слабая – в 1995 г. Здесь распространены преимущественно оползни-потоки в палеоцен-неогеновых песчано-глинистых отложениях. Интенсивность проявления оползней высокая, коэффициент пораженности составляет 0,5–0,6. Оползневые подвижки особенно интенсивно будут проявляться на современных склонах, на более древних оползневые смещения будут происходить в основном в головных частях оползней.

Составленный прогноз развития оползней на Черноморском побережье СССР отображен на специальной инженерно-геологической карте прогноза активизации оползневых процессов, на которой показаны границы временных зон с различным режимом активизации. Для каждой временной зоны приводятся периоды и степень активизации оползней. Фрагмент этой карты с условными обозначениями показан на рис. 15.12 первого тома монографии.

4. Особенности проявления селевых процессов

Наиболее интенсивно селевые потоки развиваются в альпийских высокогорных областях Главного Кавказского хребта (бассейны рек Риони, Ингури, Цхенис-Цкали, Кодори, Мзымты), на южном склоне Крымских гор (особенно юго-восточнее г. Алушты), а также в верховьях бассейна Аджарис-Цкали (Малый Кавказ). Менее интенсивно они проявляются в среднегорных и высокогорных областях южного склона Главного Кавказского хребта. В пределах Грузинского срединного массива проявление селей имеет место только на отдельных участках [1].

На Черноморском побережье СССР селевые очаги связаны в основном со скоплением рыхлообломочного материала в руслах временных и малых водотоков (первая группа очагов по классификации А.И. Шеко). Поступление рыхлообломочного материала в русла водотоков может осуществляться за счет оползневых, обвальных, осыпных, эрозионных и других процессов. Очаги второй группы, связанные с подпруживанием средних и крупных водотоков, встречаются только в оползневых районах Абхазии, Аджарии и Краснодарского края. Наиболее интенсивное накопление рыхлообломочного материала происходит в высокогорных и альпийских областях. Установлено, что при прочих равных условиях селевые потоки чаще формируются в бассейнах с большей скоростью накопления рыхлообломочного материала. В эрозионных очагах запасы его практически неисчерпаемы. В этих бассейнах частота прохождения селей зависит только от наличия жидкой составляющей. Например, в р. Мушуани (верховья р. Риони), где имеются огромные запасы рыхлообломочного материала, проходят 1-3 селевых потока в год. В бассейне Цхенис-Цкали, при одинаковых гидрометеорологических условиях, селевые потоки формируются чаще в тех водотоках, где быстрее накапливается рыхлообломочный материал.

Водная составляющая селей в горах Кавказа и Крыма формируется, главным образом, за счет дождей, реже при интенсивном снеготаянии. Имели место случаи формирования селей при прорыве запруд, которые были вызваны оползнями. Зарождение селей может носить оползневой, эрозионный или смешанный характер. По особенностям проявления селей на Крымском побережье можно выделить два района - Южный берег Крыма и юго-восточное побережье (от Алушты до Феодосии). В первом случае формирование селевых потоков происходит в основном за счет оползневых очагов, и по своему составу они являются грязекаменными. Во втором - преимущественное распространение имеют эрозионные очаги, рыхлообломочный материал в которых накапливается постепенно за счет выветривания, продукты которого сносятся в эрозионные борозды и тальвеги мелких водотоков. По гранулометрическому составу твердой составляющей это в большинстве случаев каменные, реже грязекаменные сели. Изучение режима накопления твердой составляющей показало, что существует связь между количеством формирующего материала и количеством осадков, а также числом дней с осадками, преимущественно ливневыми, в летнее время [3]. Коэффициент корреляции между количеством снесенного материала, с одной стороны, и количеством осадков и числом дней с осадками, с другой, изменяется от 0,60 до 0,91 при уровне значимости 3% [4]. Наиболее быстро разрушаются породы таврической серии ($T_3 + I_1$), представленные переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов.

На Кавказском побережье развиты как оползневые, так и эрозионные очаги. Оползневые очаги в основном расположены в высокогорной и среднегорной областях и связаны с районами развития лейасовых сильно дислоцированных глинисто-сланцевых и терригенно-флишевых пород, а также с зонами живущих разломов и эпицентрами землетрясений. Эрозионные очаги приурочены в основном к высокогорной области. Здесь формируются водокаменные сели при размыве обвально-осыпных, элювиально-делювиальных и коренных отложений, формирующихся в районах распространения интенсивно раздробленных магматических и метаморфических пород палеозоя и мезозоя. В альпийской зоне большую роль в формировании твердой составляющей селей играют древние морены. Формирование селей в пределах Малого Кавказа связано в основном с оползневыми очагами и происходит при интенсивных ливнях. Преобладают грязекаменные сели.

Важнейшим фактором, определяющим режим активности проявления селевых процессов на Черноморском побережье СССР, является погода, определяющая степень и режим увлажнения территории и изменчивость температуры воздуха. Погода зависит от особен-

ностей циркуляции атмосферы, которые количественно выражаются числом дней с различными циркуляционными механизмами (см. том 1, гл. 1). Для количественного выражения некоторых особенностей циркуляции атмосферы и погоды, которую они определяют, используется типизация циркуляционных процессов Северного полушария Б.Л. Дзедзеевского по которой все их многообразие представлено 41-м элементарным циркуляционным механизмом (ЭЦМ). Наиболее селеопасным для горных районов Крыма и Кавказа является ЭЦМ 13 л, с которым связано 35% случаев прохождения селей за период 30 лет (1948-1978 гг.), в меньшей степени - ЭЦМ 9а, 12а, [4].

Анализ временных рядов проявления селей на Черноморском побережье СССР позволяет выделить по режиму их активизации два крупных района: Крым и Кавказ. В Крыму аномально большое количество селей обычно приурочено ко II (преимущественно) и III четвертям 11-летнего солнечного цикла (1948-1950 гг.; 1956-1957 гг.; 1967-1969 гг.), а также периодам максимума и ветвям роста этого цикла. Анализ проявления селей по частям 11-летнего солнечного цикла позволяет сделать предположение о преимущественной активизации селей в Крыму с цикличностью 9-11 лет. Для Кавказа (в высокогорье) повышение селевой активности вероятнее в IV четверти 11-летнего солнечного цикла (1951-1953 гг.; 1961-1963 гг.).

В результате анализа проявления селей по частям 11-летнего солнечного цикла установлено, что усиление активизации селевых процессов в бассейнах Риони, Цхенис-Цкали происходит в основном в IV, в бассейне Ингури в I и III, а в Абхазии - во II и III четвертях. Таким образом, на южном склоне Кавказского хребта в пределах бассейна Черного моря с запада на восток и с увеличением абсолютной высоты изменяются эпохи активизации селевых процессов.

5. Прогноз селевых процессов

На основании анализа временных рядов проявления селей на Черноморском побережье СССР выделено несколько районов с различными периодами активизации. В юго-западном селевом районе Крыма активизация селей совпадает с изменением увлажненности и ожидается в 1986-1989 гг. и 1996-1997 гг. Прогноз значительной активизации селей на 1981-1982 гг. полностью оправдался.

Селевые потоки в прогнозируемые периоды будут в основном проявляться в декабре и августе, так как эти месяцы характеризуются наибольшей вероятностью экстремальных месячных сумм осадков. На основе анализа проявления селей по четвертям 11-летнего солнечного цикла можно предполагать, что активизация селевых процессов в юго-восточном Крыму будет наблюдаться в 1981-1984 гг. и 1992-1994 гг., что будет связано с усилением ливневой деятельности в основном июле и августе месяцах.

Для северо-западной части Черноморского побережья Кавказа установлено, что активизация селевых процессов как в эрозионных, так и в оползневых очагах определяется экстремальным количеством атмосферных осадков. Изменение селевой активности в этом районе определяется тенденцией изменения увлажненности территории. Наиболее сильная активизация селевых процессов в низкогорье ожидается в 1997-2000 гг. До этого на фоне общего ослабления селевой активности ожидается активизация селей в 1987-1988 гг. и 1992-1993 гг. Наиболее селеопасными месяцами будут декабрь, август и сентябрь. В среднегорье и высокогорье северо-западной части Кавказского побережья наиболее значительная активизация прогнозировалась на 1981-1982 гг., и в основном оправдалась, менее значительная - в 1987 г. 1992 г., 1996 г. Наиболее вероятно прохождение селей в эти годы в августе и сентябре.

Для бассейнов рек Абхазии также различаются периоды активизации селей в низкогорье, среднегорье и высокогорье. В очагах зарождения оползневого и эрозионно-оползневого типа низкогорья и среднегорья активизация селей будет совпадать с эпохами повышенной увлажненности и периодами увеличения числа дней с ливневыми осадками. Наиболее селеопасными следует считать годы, когда повышенное количество осадков совпадает с активизацией ливневой деятельности - 1986-1987 гг. Меньшая активизация селей ожидается в 1995-2000 гг. Сели в эти годы в основном проявятся в июле-сентябре. В высокогорье и среднегорье наиболее сильная активизация селевых процес-

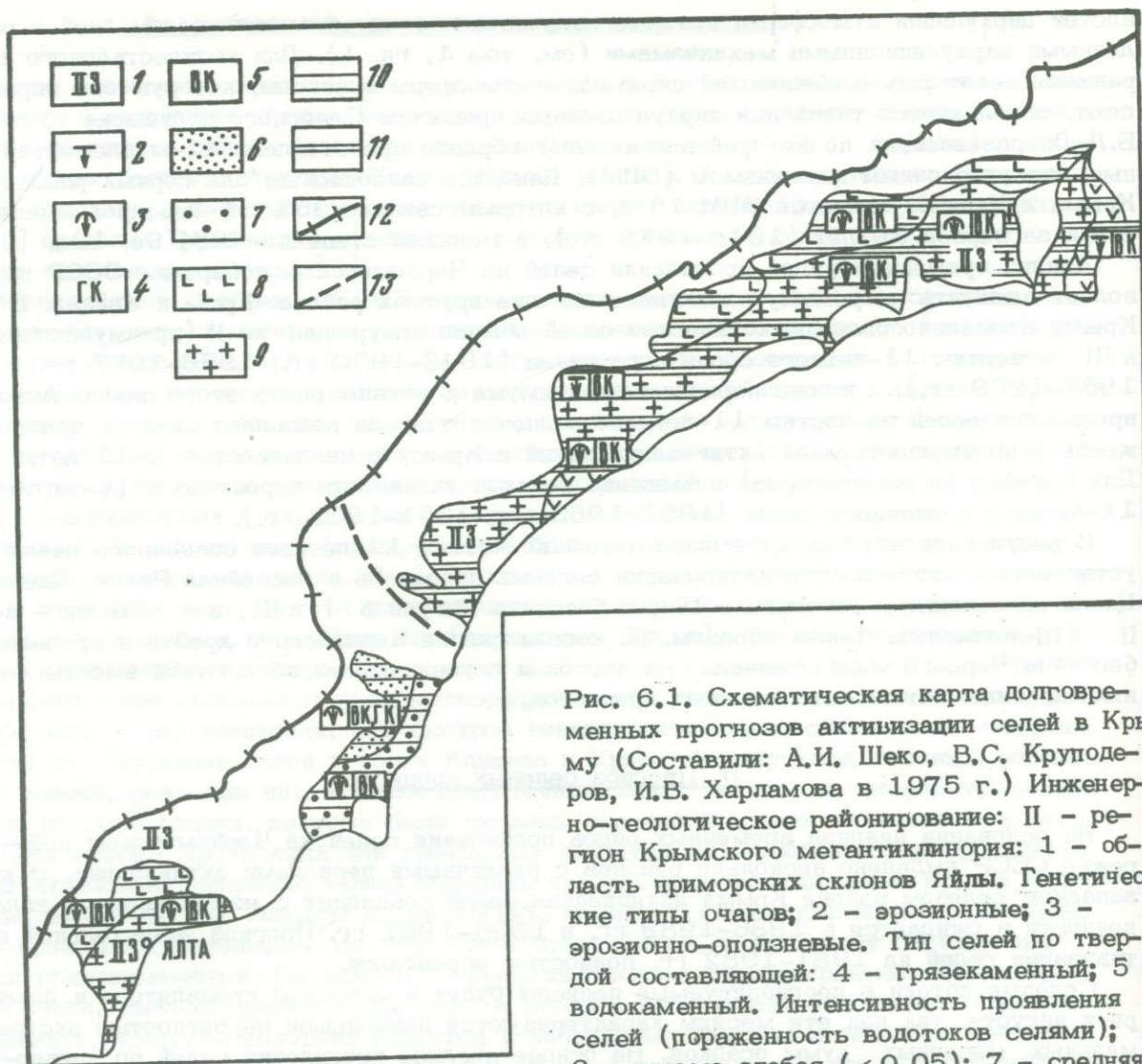


Рис. 6.1. Схематическая карта долговременных прогнозов активизации селей в Крыму (Составили: А.И. Шеко, В.С. Круподеров, И.В. Харламова в 1975 г.) Инженерно-геологическое районирование: II - регион Крымского мегантиклинория: 1 - область приморских склонов Яйлы. Генетические типы очагов: 2 - эрозионные; 3 - эрозионно-оползневые. Тип селей по твердой составляющей: 4 - грязекаменный; 5 - водокаменный. Интенсивность проявления селей (пораженность водотоков селями): 6 - весьма слабая ($< 0,05$); 7 - средняя

($0,1-0,3$); 8 - очень сильная ($0,5 - 0,7$); 9 - весьма сильная. Режим активизации селей: 10 - наиболее сильная, активизация возможна в 1985-1989 гг.; значительная может быть в 1996-1997 гг.; 11 - наиболее вероятно сильная активизация селей в 1981-1984 и 1992-1994 гг. Границы: 12 - областей; 13 - зон режима активизации селей

сов в оползневых очагах ожидается в 1987 и 1995-1996 гг., менее значительная - 1999-2000 гг. Наибольшая вероятность прохождения селей в июле-сентябре.

В бассейне р. Ингури наиболее сильная активизация селевых процессов, связанных с оползневыми и эрозионными очагами, будет в 1986-1988 гг., значительная - в 1997-2000 гг. В эрозионных очагах активизация селей предполагается в 1991-1993 гг. В связи с особенностями формирования селей в этом районе наиболее селопасными месяцами будут май и июль.

В бассейнах рек Риони и Цхенис-Цкали активизация селевых процессов наиболее вероятно в IV четверти 11-летнего солнечного цикла. Эта эпоха будет характеризоваться повышенной увлажненностью. Поэтому наиболее сильная активизация ожидается преимущественно в оползневых очагах в 1995-2000 гг., прогноз активизации на 1980-1981 гг. практически оправдался. Наиболее сильная активизация селей в оползневых и эрозионных очагах ожидается в 1986-1989 гг., когда на этой территории будет наблюдаться наиболее значительное повышение увлажненности и активизация ливневой деятельности.

На Малом Кавказе годы активизации селевых процессов совпадают с годами повы-

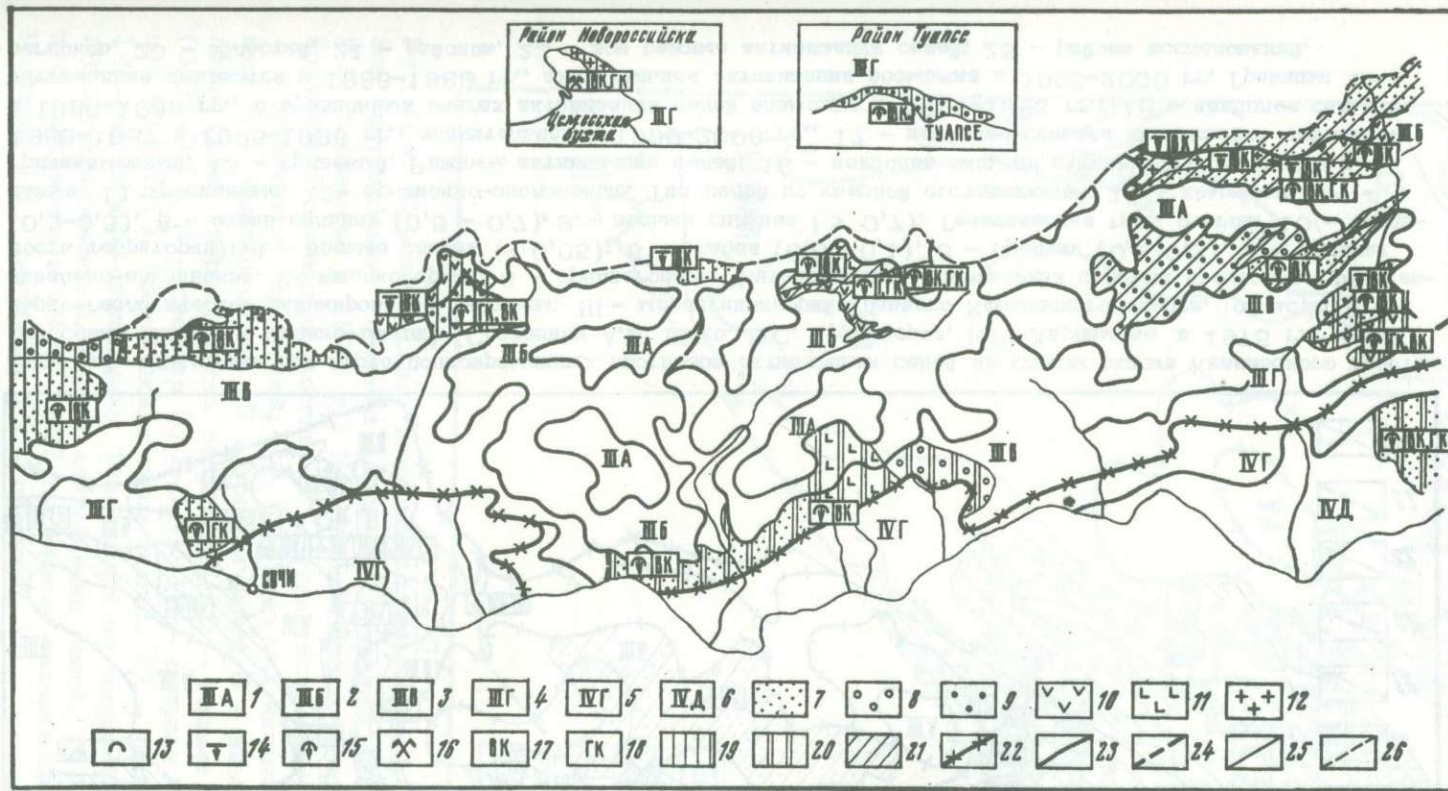


Рис. 6.2. Схематическая карта долговременных прогнозов активизации селей на Кавказском побережье Черного моря (составили А.И. Шeko, В.С. Круподеров, И.В. Харламова в 1975 г.) Инженерно-геологическое районирование: регионы: III – мегантиклинорий Главного Кавказского хребта; IV – Грузинский срединный массив; области: 1 – нивальноальпийские; 2 – высокогорные; 3 – среднегорные, 4,5 – низкогорные, 6 – холмистых предгорий. Интенсивность проявления селей (пораженность водотоков селями): 7 – весьма слабая (0,05), 8 – слабая (0,05 – 0,1), 9 – средняя (0,1 – 0,3), 10 – сильная (0,3–0,5), 11 – очень сильная (0,5–0,7), 12 – весьма сильная (> 0,7). Генетические типы очагов: 13 – оползневые, 14 – эрозионные, 15 – эрозионно-оползневые, 16 – техногенные. Тип селей по твердой составляющей: 17 – водокаменный, 18 – грязекаменный. Режим активизации селей: 19 – наиболее вероятна сильная активизация в прибрежной части в 1997 – 2000 гг., на фоне общего ослабления селевой активности усиление процесса возможно в 1987–1988, 1992–1993 гг. – в прибрежной части, в 1987, 1992–1993, 1995–1996 гг. – в водораздельной части, 20 – наиболее значительная активизация ожидается в 1986–1987 гг., менее значительная в 1995–2000 гг., 21 – наиболее сильная активизация в 1987, 1995, 1996 гг. Границы: 22 – регионов, 23 – областей, 24 – зон режима активизации селей, 25 – участков; 26 – района исследований.

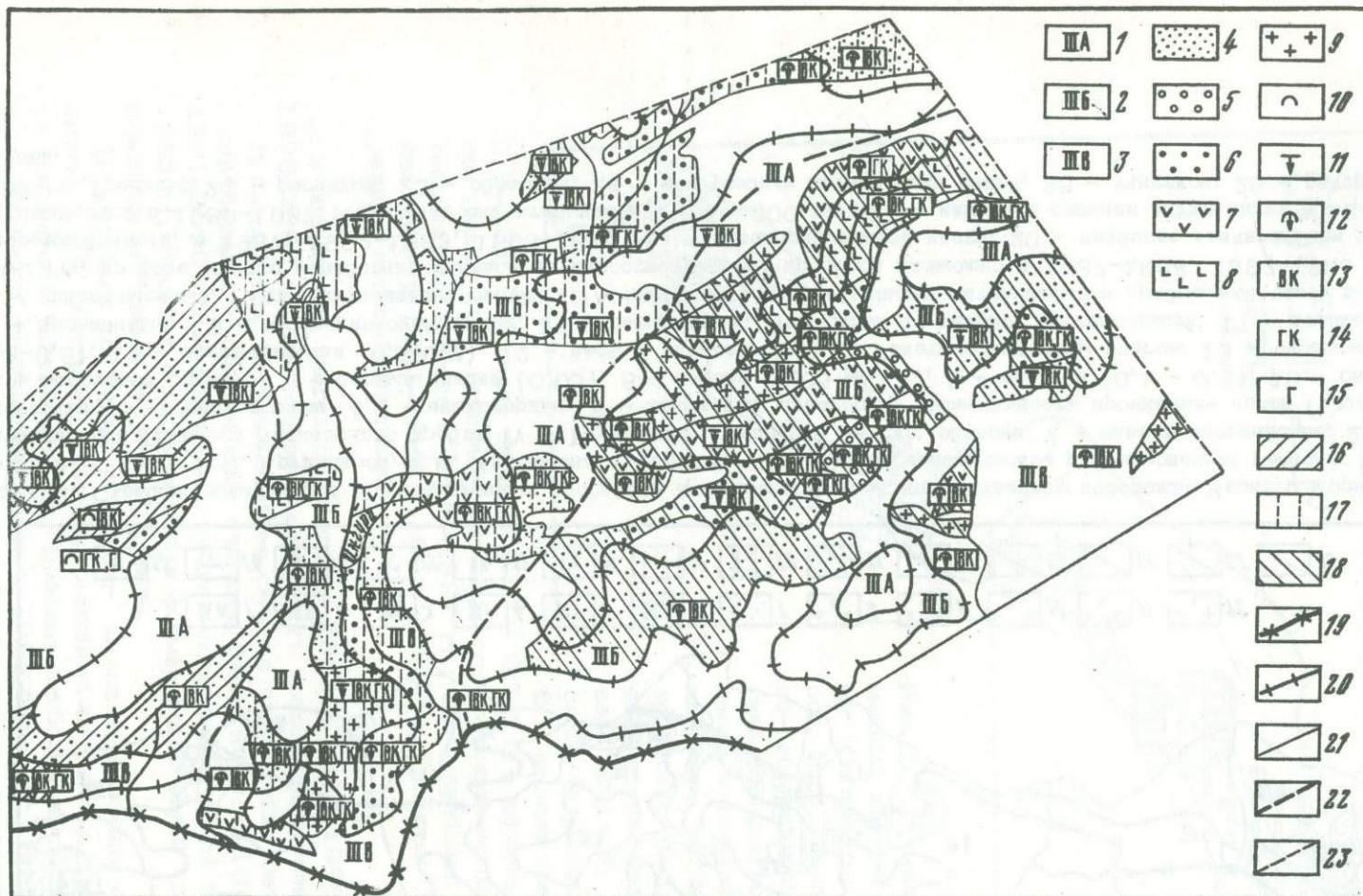


Рис. 6.3. Схематическая карта долговременных прогнозов активизации селей на южном склоне Кавказского хребта (бассейны Ингури и Цхенис-Шкали) (Составили А.И. Шеко, В.С. Круподеров, И.В. Харламова в 1975 г.) Инженерно-геологическое районирование: регионы: III - мегантиклинорий Главного Кавказского хребта, области: 1 - нивально-альпийская, 2 - высокогорная, 3 - среднегорная. Интенсивность проявления селевых процессов (пораженность территории): 4 - весьма слабая ($< 0,05$); 5 - слабая ($0,05-0,1$), 6 - средняя ($0,1-0,3$), 7 - сильная ($0,3-0,5$), 8 - очень сильная ($0,5-0,7$), 9 - весьма сильная ($> 0,7$). Генетические типы очагов: 10 - оползневые, 11 - эрозионные, 12 - эрозионно-оползневые. Тип селей по твердой составляющей: 13 - каменный, 14 - грязекаменный, 15 - грязевый. Режимы активизации селей: 16 - наиболее сильная активизация ожидается в 1986-1987 и 1995-1996 гг., значительная в 1999-2000 гг., 17 - наиболее сильная активизация ожидается в 1986-1988 гг., в эрозионных очагах активизация селей возможна в 1991-1993 гг.; 18 - наиболее сильная активизация ожидается в 1986-1989 гг., значительная активизация возможна в 1995-2000 гг. Границы: 19 - регионов, 20 - областей, 21 - районов, 22 - зон режима активизации селей; 23 - района исследований.

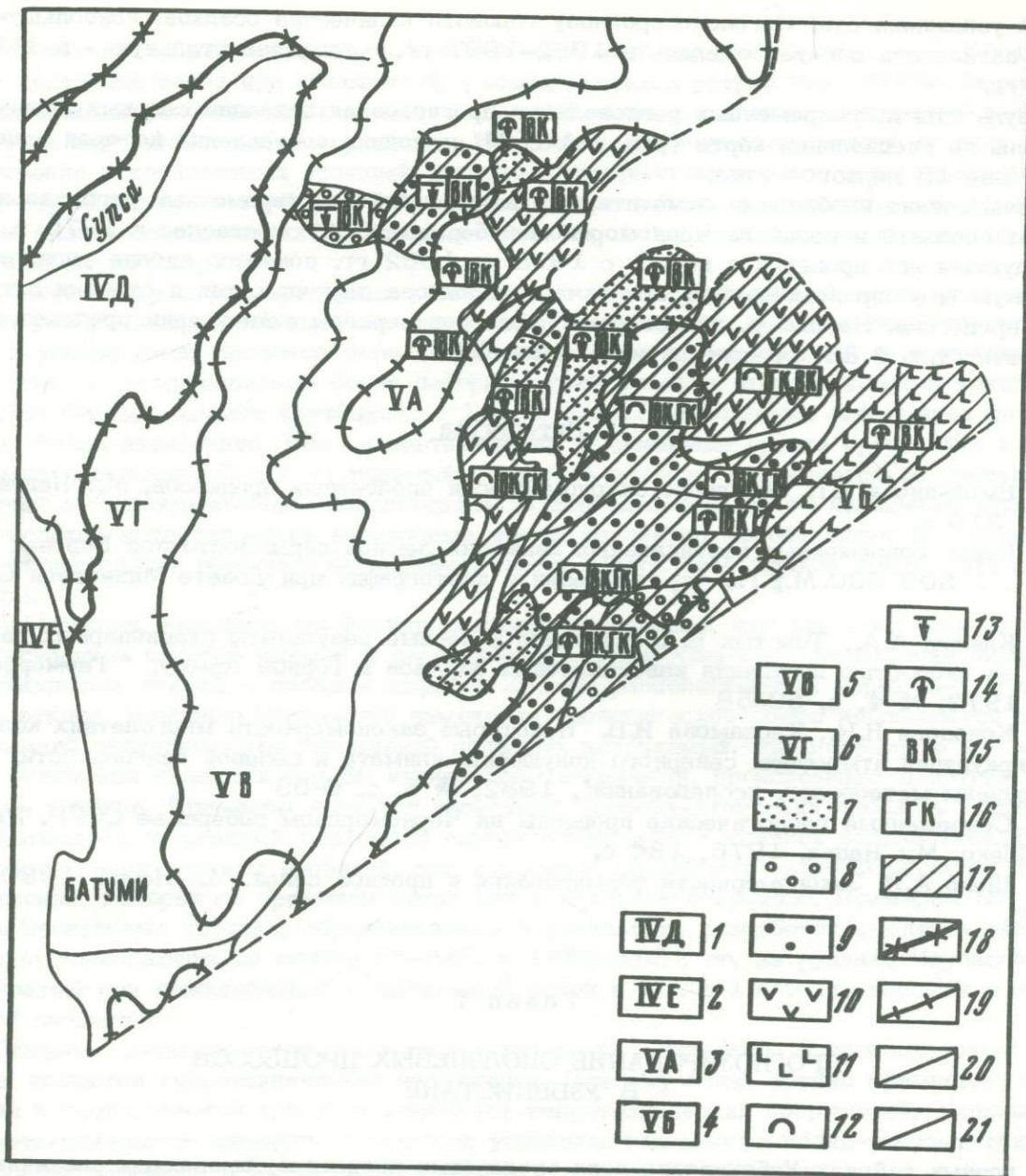


Рис. 6.4. Схематическая инженерно-геологическая карта долговременных прогнозов активизации селей в Аджарии (составили: А.И. Шeko, В.С. Круподеров, И.В. Харламова в 1975 г.) Инженерно-геологическое районирование: регионы: IV - Грузинский срединный массив; V - мегантиклинория Малого Кавказа. Области: 1 - холмистых предгорий; 2 - заболоченных низменностей, 3 - нивально-альпийская; 4 - высокогорная; 5 - среднегорная; 6 - низкогорная. Интенсивность проявления селей (пораженность территории): 7 - весьма слабая ($< 0,05$); 8 - слабая ($0,05-0,1$), 9 - средняя ($0,1-0,3$), 10 - сильная ($0,3-0,5$), 11 - очень сильная ($0,5-0,7$). Генетические типы очагов: 12 - оползневые, 13 - эрозийные, 14 - эрозийно-оползневые. Типы селей по твердой составляющей: 15 - каменный, 16 - грязекаменный. Режим активизации селей: 17 - наиболее сильная активизация ожидается в 1992-1997 гг., менее значительная - в 1984-1987 гг. Границы: 18 - регионов; 19 - областей, 20 - участков, 21 - района исследований.

шенной увлажненности. Согласно прогнозу годового количества осадков, наибольшую селевую активность следует ожидать в 1992-1997 гг., менее значительную - в 1984-1987 гг.

Результаты долговременных региональных прогнозов активизации селевых процессов показаны на специальной карте (рис. 6.1-6.4), методика составления которой изложена в главе 15 первого тома.

В заключение необходимо отметить, что изложенный долговременный региональный прогноз оползней и селей на Черноморском побережье СССР составлен в 1975 г. Последующая его проверка в период с 1975 по 1982 гг. показала вполне удовлетворительную его оправдываемость как в части прогноза периодов, так и степени активизации процессов. Например, для селевых процессов периоды активизации предсказаны с вероятностью 0,88, степень активизации - 0,75.

Литература

1. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. М.: Недра, 1972, 310 с.
2. Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы, масштаб 1 : 2 500 000. М.: Гл. упр. геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1973
3. Клокин А.А., Толстых Е.А. Методика и первые результаты стационарных наблюдений за скоростью денудации известняковых обрывов в Горном Крыму. "Геоморфология", 1973, № 4, с. 50-58
4. Кононова Н.Н., Харламова И.В. Некоторые закономерности многолетних колебаний циркуляции атмосферы северного полушария, климата и селевой деятельности. "Материалы метеоролог. исследований", 1982, № 6, с. 6-56
5. Современные геологические процессы на Черноморском побережье СССР. Ред. А.И. Шеко, М.: Недра, 1976, 184 с.
6. Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. М.: Недра, 1980, 296 с.

Глава 7

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В УЗБЕКИСТАНЕ

В горных районах Узбекистана доля оползневых процессов, вызванных различными видами строительства за последние 20 лет, заметно увеличилась. Это связано, в первую очередь, с тем, что в Средней Азии равнинные территории всемерно сберегаются под хлопководство, а горные районы начинают осваивать под различные гидротехнические сооружения, горно-рудные предприятия, спортивно-оздоровительные комплексы, что повлекло за собой различные изменения в геологической среде. Этим изменениям в большой степени подвержены лессовые породы, являющиеся наиболее чувствительными к различным изменениям в геологической среде и наиболее коварными, так как они часто вызывают различные катастрофические последствия. Именно они часто являются индикаторами на поверхности рельефа тех изменений в геологической среде, которые происходят в других породах на глубине.

Строительство автомобильных дорог в горно-складчатых областях Узбекистана, отличающихся значительной пересеченностью рельефа и наличием неустойчивых участков склонов, вызывает активизацию оползневых процессов и оврагообразование вследствие изменения условий поверхностного стока вдоль трассы дороги, а также подрезки склонов. При этом развитие оползневых процессов связано не только с ранее существующими оползнями: очень часто оползни возникают после сооружения земляного полотна из-за резкого изменения природных условий в короткий промежуток времени. Анализ причин возникновения искусственных оползней и нарушений общей устойчивости земляно-

го полотна автодорог показывает, что они возникают вследствие изменения напряженного состояния пород при подсечке природных склонов и устройстве глубоких выемок. Обязательным условием возникновения оползней является наличие подземных вод на контакте лессовых пород с коренными. Нарушение устойчивости откосов выемок и возникновение поверхностных оползней связано с изменением условий поверхностного стока и неудовлетворительной работой системы водоотводных сооружений, а также недоучетом физико-механических свойств лессовых пород при проектировании крутизны откосов выемок автодорог.

Обследование деформированных участков автодороги Газалкент-Чимган, проведенное институтом Узгипроавтодор, показало, что 90% их связано с деформацией откосов выемок и увлажнением лессовых пород. При увлажнении откосов выемок в лессовых породах атмосферными осадками более деформируются участки откосов пологой крутизны. Так, на откосах выемок крутизной от 1:1 до 1:0,75 оползневые деформации развиваются более интенсивно, чем на вертикальных, а смещение грунта происходит в виде сплывов и оплывин. Грунт, смещаемый с откосов выемок, увлажняется до состояния текучей и текучепластичной консистенции. В период интенсивного выпадения атмосферных осадков и таяния снега оползневые массы заполняют водоотводные и водопрпускные сооружения и образуют на проезжей части дороги слой жидкой грязи толщиной до 60 см.

Наблюдения, выполненные Узгипроавтодором, показали, что наиболее рациональной конфигурацией откосов выемок в лессовидных породах твердой консистенции являются вертикальные откосы с полками шириной 2-3 м, располагаемыми через 3-4 м по высоте откоса. Наиболее контрастно изменения геологической среды наблюдаются при подземной разработке месторождений полезных ископаемых, где покрывные четвертичные отложения являются как бы индикатором изменений, происходящих в других породах на глубине. Примером является известный Загасан-Атчинский оползень (объемом 800 млн. м³), вызванный подземной газификацией угля и шахтной разработкой. Помимо образования крупных оползней, при подземной разработке часто образуется мульда сдвижений, которая со временем переходит в оползневой процесс. Примером могут служить провальные воронки, образовавшиеся в результате разработок штолен в лессовых породах, залегающих на склоне 35-38°, в 1959-1962 гг. на руднике Чаулисай, которые затем при дополнительном увлажнении пород в 1978-1979 гг. перешли в оползневой процесс.

Самыми крупными среди инженерно-технических комплексов и наиболее разнообразными являются гидротехнические сооружения. Поэтому очень трудно предвидеть изменения в геологической среде от комплекса гидротехнических сооружений, возводимых на четвертичных отложениях в аридных условиях, где многие водно-экономические проблемы решаются в широком масштабе и в одно и то же время.

В Узбекистане орошаемое земледелие известно с глубокой древности. Сегодня у нас построены десятки крупных каналов, существуют и проектируются 22 водохранилища и 23 селеводохранилища, позволившие довести площадь орошаемых земель в 1980г. более чем до 4 млн. га ("Ирригация Узбекистана", 1978).

Изменения геологической среды наиболее широко происходят при эксплуатации водохранилищ, созданных путем подпора рек и заполнения понижений и котловин. По морфологическим признакам они подразделяются на горные и равнинные. Основная особенность, отличающая горные водохранилища Узбекистана от равнинных, большая глубина наполнения (до 160 м) при малых площадях водного зеркала (от 10 до 40 км²) и значительные величины сработки уровня (до 30-60 м). Так, на Чарвакском водохранилище в период наполнения в 1971 г. произошла активизация Мингчукурского оползня объемом 25-30 млн. м³, а уже позже в 1979 г. в результате заиления каньона р. Пскем активизировался Башкарагачский оползень (10 млн. м³). Основная опасность от данных оползней - разовое смещение всей массы пород и образование высокой волны, которая может смыть строения на противоположном берегу водохранилища.

Активизация существующих и проявление новых оползней на берегах водохранилищ - закономерное явление и обусловлено увеличением крутизны склона из-за подмыва, вызывающего перераспределение напряжений в толще пород, уменьшение их прочности, заиление и формирование подпора подземных вод. Все эти процессы протекают доста-

точно медленно, но в течение длительного времени, и поэтому вполне закономерно, что в начальных стадиях наполнения водохранилищ возникают оползневые деформации сравнительно малого объема, более крупные оползни происходят в дальнейшем. Таким образом, приведенные примеры оползневых процессов, вызванные эксплуатацией крупных горных водохранилищ, горно-рудных предприятий, автодорог и других сооружений наглядно показывают, что проблема рационального использования и охраны геологической среды в настоящее время является очень актуальной.

Для решения данной проблемы намечены большие работы по улучшению охраны природы, по усилению охраны сельскохозяйственных угодий, борьбе с эрозией, повышению темпов работ по рекультивизации земель, обеспечиванию их защиты от селей, оползней и обвалов. Однако новое, более масштабное и интенсивное освоение территорий требует заблаговременной разработки комплексных защитных мероприятий. Оценка имеющихся проработок позволяет определить комплексную схему защиты как обобщенный предпроектный документ, подчиненный общей программе перспективного развития народного хозяйства, направленный на решение проблем рационального использования и охраны окружающей среды, находящейся под влиянием экзогенных процессов (оползни, обвалы, сели), учитывающий совокупность ландшафтно-геологических факторов природной среды и деятельности человека. Наиболее широким распространением и большой частотой проявления характеризуются оползни в лессовых породах с длительным периодом подготовки и быстрым смещением. Практически за это время невозможно построить защитные сооружения, поэтому основная проблема сводится не столько к защите, сколько к прогнозированию возможных последствий. Кроме того, строительство дорогостоящих защитных сооружений (по борьбе с подземными водами как основной причиной образования крупных оползней) в большинстве случаев экономически нецелесообразно, а также очень редко выбор места под застройку оказывается вынужденным, в большинстве случаев имеются значительные возможности для маневра. Поэтому основная задача инженерно-геологического обоснования комплексной защиты горных территорий – пространственно-временной прогноз экзогенных процессов, выбор оптимального варианта защитных мероприятий и рационального использования и охрана геологической среды.

Основным документом инженерно-геологического обоснования комплексной схемы являются специальные инженерно-геологические карты разных масштабов, где должны быть показаны районы распространения различных видов процессов, форма их проявления, потенциально опасные места, типы и объемы с тем, чтобы ею могли пользоваться проектные организации и местная администрация. Основное назначение этих карт – прогноз предупреждения, выбор оптимального варианта защитных мероприятий, рациональное использование и охрана геологической среды. Как показывает опыт изучения оползневых, осыпно-обвальных процессов в разнотектонических типах горных пород, граница возможного их развития должна основываться на признаках, учитывающих литолого-тектонические условия, зоны и контакты ослабления, геофильтрационное строение склонов, геоморфологические условия, зоны разгрузки и выветривания. Для пространственного прогнозирования оползневых процессов на стадии районной планировки наиболее удобна карта масштаба 1 : 25 000. Она несет информацию о конкретном месте, типе и масштабе процесса, соизмеримого с масштабом самой карты. Составляется на основе литолого-тектонических, геоморфологических, гидрогеологических условий, определяющих геофильтрационное строение склона, скорости протекания различных оползневых процессов. Это одна из особенностей оползней в лессовых породах с точки зрения опасности для людей и проведения строительных работ. Первая зона характеризуется отсутствием оползней и образование их в естественных условиях исключительно (граница во времени не меняется). Вторая зона – часть проявившихся оползней (граница по мере изучения может меняться). Сюда отнесены оползни течения, проявившиеся в один весенний период и оползни блокового типа, находящиеся в стадии затухания, где необходимо предусмотреть профилактические мероприятия. Третья зона – места возможного образования крупных новых и развития современных оползней (наиболее опасная зона). Вторая и третья зоны с учетом условий дренируемости подземных вод, масштаба оползня, интенсивности его развития и рекомендуемых мероприятий подразделяются на подучастки. Эти карты масштаба 1: 25 000 периодически обновляются, ими снабжаются заинтересованные организации.

Кроме пространственного прогноза, ЭП инженерно-геологическое обоснование должно содержать и временной прогноз. Именно с временным прогнозом развития ЭП связано своевременное принятие мер безопасности, более объективное решение о целесообразности строительства защитных сооружений, выбора его конструкции и установлении срока строительства. Для предотвращения катастрофического смещения оползня необходимо знать в первую очередь время наступления основного смещения, а также скорость движения и амплитуду смещения. Особенно это важно знать для крупных оползней, угрожающих народнохозяйственным объектам (типа Атчинского оползня). По данным наблюдений за деформацией поверхности склона, ползучесть пород Атчинского оползня проявляется с 1957 г. В связи с высокой прочностью пород ненарушенного сложения и небольшим углом заложения ползучесть их и снижение прочности может происходить только вдоль поверхностей ослабления пород. В качестве расчетных величин прочности принимались значения, полученные по поверхностям ослабления, представленным контактом мел-палеогеновых глин и водоносных прослоев песчаников. В результате исследований, проведенных в 1972-1976 гг., в качестве расчетных прочностных характеристик для определения устойчивости Атчинского оползня приняты: угол внутреннего трения $\varphi = 4^\circ$, $C = 0,2 \text{ кг/см}^2$. Оценка устойчивости Атчинского оползневого склона выполнялась по нескольким поверхностям скольжения - в головной и центральных частях оползня поверхность скольжения расположена в мел-палеогеновых отложениях, а в нижней части отмечено две поверхности: одна в мел-палеогеновых отложениях с выходом под углом $6-8^\circ$ под отвалы разреза Ангрен на левом берегу р. Ангрен; другая в юрских отложениях с выходом на правом борту под углом $18-20^\circ$. Для стабилизации Атчинского оползня намечено устройство в нижней части склона контфорса. Для обеспечения предельного равновесия (коэффициент запаса устойчивости равен единице) на правый берег должно быть отсыпано 89 млн. м^3 , а на левый берег - еще $30,5 \text{ млн. м}^3$.

Испытания слабых контактных зон, проведенные в 1972-1976 гг., показали их склонность к ползучести и длительному снижению прочности. В связи с этим продолжено изучение реологических свойств глинистых пород, которое предусматривало определение коэффициента вязкости и "порога ползучести" глинистых пород. Определение коэффициента вязкости выполнялось методом "тяжелого шарика" при естественной влажности и плотности образцов. Определение "порога ползучести" определялось при естественной плотности и полном водонасыщении глинистых пород. В связи с большой величиной нормального давления (до 40 кг/см^2) в отделе инженерной геодинамики института ГИДРОИНГЕО произведена реконструкция плоскостных срезных приборов, что позволило увеличить нормальные нагрузки до 50 кг/см^2 . Установившаяся скорость ползучести определялась по формуле Н.Н. Маслова - З.М. Карауловой. В качестве расчетных характеристик использовались: мощность зон ползучести $H = 4 \text{ м}$, объемный вес пород 2 т/м^3 , нагрузки на поверхность склона $\gamma_0 = 140 \text{ т/м}^2$, наклон поверхности скольжения $\alpha = 6^\circ$, структурное сцепление $C_c = 0,14 \text{ кг/см}^2$, мощность зоны $D = 0$, коэффициент вязкости $\eta = 2 \cdot 10^8$.

Расчетная формула имеет вид:

$$V_0 = \frac{1}{\eta} \left\{ \left[\gamma(H-D) - \frac{(H-D)^2}{2} \right] \gamma + \gamma(H-D) \right\} \left[\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \text{tg} \varphi w \right] - \frac{C_c}{\eta} (H-D) \quad (1)$$

Установившаяся скорость смещения равна $v_0 = 0,0615 \text{ см/сут}$. В результате обработки данных топо-геофизических наблюдений по поверхностному туру за длительный период наблюдений (с 1957 г. по 1980 гг.) установлено, что скорость установившейся ползучести равна $0,0685 \text{ см/сут}$. Таким образом, наблюдается хорошее совпадение скоростей установившейся ползучести натуральных и расчетных. Исследованиями института УкрНИИпроект установлена функциональная зависимость между скоростью ползучести и временем до разрушения в виде: $t_p \gamma = 0,85$. Используя эту зависимость, можно определить время наступления основного смещения при

$\gamma = \frac{0,615}{4000} = 0,00015$, $t_p = \frac{0,85}{0,00015} = 5660 \text{ суток} = 15,5 \text{ лет}$. Полученные результаты хорошо согласуются с графиком полевых наблюдений за смещением опол-

ня, где время основного смещения по труду "Н. Багаран" наступило в 1975 г., т.е. спустя 18 лет после начала подвижек Атчинского оползня.

Важным элементом временного прогноза является также определение скорости движения оползня. Высокой скоростью смещения и дальностью продвижения оползших масс (3–5 км) отличаются наиболее опасные оползни-потоки, движение которых происходит в пульсационно-поступательном режиме. Научно-исследовательским институтом механики МГУ им. М.В. Ломоносова и ГИДРОИНГЕО ПО "Узбекгидрогеология" совместно разработан вариант математической модели оценки скорости и длины передвижения оползней – потоков с учетом внутреннего движения оползня (С. Григорян, С. Стахейко). Движение оползневой массы моделируется движением однородной несжимаемой жидкости по руслу, которая движется под действием силы тяжести, сил трения о поверхность склона и сил внутреннего сопротивления, при этом принимается, что давление в жидкости распределяется по гидростатическому закону. Для простоты расчета русло принято с прямоугольным сечением с изменяющейся по длине шириной. Уклон и его ширина выбираются на основе реального рельефа местности.

Уравнения движения имеют вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial s} = q \sin \psi - \frac{ku^2}{k} - \frac{L}{2F} \frac{\partial}{\partial s} \left(\frac{aF^2}{L^2} \right) - f_1 \sin au, \\ \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial (UF)}{\partial S} = 0, \end{cases} \quad (2)$$

где используются следующие величины: t – время, S – координата, направленная вдоль траектории движения потока, $U(S_1t)$ – осредненная по поперечному сечению потока проекция скорости потока на ось S , $F(S_1t)$ – площадь поперечного сечения канала, занятая потоком, $L(S)$ – ширина канала (соответственно глубина потока – $h(S_1t) = F(L)$, $\psi(S)$ – уклон канала, q – ускорение силы тяжести, $a(S_1U)$ – проекция полного ускорения частиц в потоке на перпендикуляр к склону, K – коэффициент турбулентного сопротивления, $R = F/(L^2 + 2F)$ – гидравлический радиус. Кроме того, учет влияния силы кулоновского трения считается по формуле:

$$f_1 = \begin{cases} \mu a(q + h/L) & \text{при } \tau_1 = \mu a \rho h \leq \tau_* \\ \frac{\tau_*}{\rho h} \left(1 + 2h/L - \frac{\tau_*}{\mu a \rho L} \right), & \text{при } \tau_1 \geq \tau_*, \end{cases} \quad (3)$$

где μ – коэффициент кулоновского трения, ρ – средняя плотность грунта в потоке, τ_* – предел прочности пород на сдвиг. Область, в которой ищется решение системы, заключена между линией отрыва оползня и его фронтом. Искомые характеристики – распределение скоростей $U(S_1t)$ и высот $h(S_1t)$ вдоль потока во все моменты его движения. Написана и отлажена программа расчетов на ЭВМ. С различными значениями параметров проведены расчеты оползня-потока Кристалл, сошедшего в мае 1979 г. Уклон и ширину русла, начальное распределение массы оползня брали на основе топоплана. Плотность массы в потоке принята равной $2,0 \text{ г/см}^3$. Остальные параметры менялись в различных пределах, анализировалось их влияние на характер движения оползня. От коэффициента кулоновского движения зависит скорость движения, длина перемещения, распределение мощностей. В головной части, где скорости невелики, инерционный член мал, и остановка происходит при тангенсе угла наклона, равном коэффициенту трения. Исходя из этого, для оползня Кристалл значение коэффициента трения бралось равным $0,14$ – $0,15$. Коэффициент турбулентного сопротивления влияет в основном на скорости движения, а прочность на сдвиг – на длину продвижения фронта. При прочности на сдвиг $0,12 \text{ кг/см}^2$ и коэффициенте турбулентности $0,7$ средние скорости в зоне транзита были примерно равны 5 м/с (18 км/ч). Максимальные в отдельные моменты не превышали 7 м/с (25 км/ч), при этом длина перемещения была близка к экспериментальной 1080 м . Данная оценка скорости движения позволит рассчитать дальность продвижения грязевых масс и определить границы распространения оползня-потока.

Другой задачей временного прогноза является определение периодичности образования оползневых процессов, которые являются типичными для климатического режима действия и характеризуются нестационарным процессом. Развитие их происходит в весенний период (март-июнь) в годы с выпадением большого количества атмосферных осадков и подъема уровня подземных вод. Многолетняя периодичность развития ЭПП оценивалась на основе анализа климатологических (температура воздуха, осадки) факторов, солнечной активности (числа Вольфа) и условий обводнения склона (уровень и расход подземных вод) при различном геофильтрационном строении. Так, анализ уровня грунтовых вод показал, что он достаточно тесно коррелирует с водообеспеченностью осенне-зимнего и осадками весеннего периодов. В 9 случаях из 15 влажной весне предшествует маловодный осенне-зимний период. В экстремально водообильные годы влажной весне предшествует водообильный осенне-зимний период (1921, 1963, 1969 гг.). В результате обработки методом гармонического анализа (на ЭВМ) рядов наблюдений для бассейна р. Чирчик длительностью от 26 до 61 года определен довольно широкий спектр частот от 2 до 54 лет. По группам частот с максимальными амплитудами выделены циклы средней длительности в 5,2 года, 9,0 - 10,0 и 12 - 16 лет и более высоких порядков.

Своевременный пространственно-временной прогноз оползневого процесса позволит более качественно обосновать выбор защитного мероприятия и тем самым сохранить промышленные сооружения и плодородные земли.

Глава 8

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОПОЛЗНЕЙ В ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ГЛИНАХ

Большие области восточной Канады и Скандинавии, покрытые отложениями чувствительных глин, печально известны своей способностью к оползанию. Последние два случая – наиболее известные произошли недавно в Швеции и Норвегии.

В ноябре 1977 г. оползень в г. Туве уничтожил 67 домов и унес с собой 9 человеческих жизней. Этот оползень распространился на площади приблизительно 270 тыс. м² и сдвинул от 3 до 4 млн. м³ глины на расстояние от 100 до 175 м в течение четырех-пяти минут [1]. Хотя этот оползень был регрессивный, глина не разжижилась и не вытекла из оползневой зоны.

Оползень, который произошел в апреле 1978 г. в г. Рисса (Норвегия), был больше похож на обычные оползни течения в пльвунных глинах. Этот оползень произошел в результате отсыпки земляной бермы, общим объемом 700 м³, которая вызвала небольшую подвижку грунтов вдоль побережья озера Ботнен. Эта подвижка развилась на большом расстоянии в результате регрессивной эрозии, что привело к оползанию грунтов на площади в 330 м² [9]. В этом случае большая часть сползшего грунта разжижилась и вытекла в озеро, вызвав при этом волну, которая пересекла озеро и спровоцировала некоторые разрушения на его другом берегу. Этот оползень является самым большим из происшедших в Норвегии в течение текущего столетия.

Многие оползни различного размера также довольно часто происходят в чувствительных глинах восточной Канады. Оползень в районе Сен-Жан-Вьони представляет собой один из наиболее драматических примеров таких событий, происшедших за последние годы. 4 мая 1971 г. оползень течения начался в виде регрессивного оползня у бровки оползня меньшего размера, который произошел за десять дней до того. Новый оползень уничтожил набережную реки Пти-Бра на участке, где эрозия была наиболее активной. Более 7 млн. м³ разжиженной глины протекло вниз по течению на расстояние 2,8 км вдоль узкой долины реки и исчезло в реке Сагенай, разрушив по дороге более 40 домов и вызвав гибель 34 человек. Результаты наблюдений и обработки показаний свидетелей приводятся [15, 16, 25].

Рис. 8.1 дает представление о размере оползневой депрессии. После данного события оставшиеся 280 домов в этой деревне и на территории, прилегающей к ней, были перенесены на новое место на другой берег реки Сагенай на расстоянии 10 км. Эти три самых больших оползня произошли в трех разных странах на расстоянии тысяч километров друг от друга. Они имеют несколько разную морфологию; механические свойства глин также разные, однако во всех этих случаях наблюдается ряд одинаковых черт. Грунты, которые были вовлечены в оползание, имели аналогичную геологическую историю и сопоставимый минералогический состав.

Просачивание воды в грунты с высокими градиентами обусловило чувствительность глин. В результате все три упомянутых выше оползня были вызваны небольшими сдвигами грунтов. С точки зрения предупреждения и управления оползнями в чувствительных глинах этот последний фактор представляется чрезвычайно важным, поскольку вообще известно, что если предотвратить первую небольшую подвижку грунта, то крупные оползни могут не произойти. Таким образом, когда мы имеем дело с массами чувствительных глин, которые могут разжижиться и течь даже по пологим ложбинам, должны быть заранее предусмотрены предупредительные меры. Для того, чтобы более точно расска-

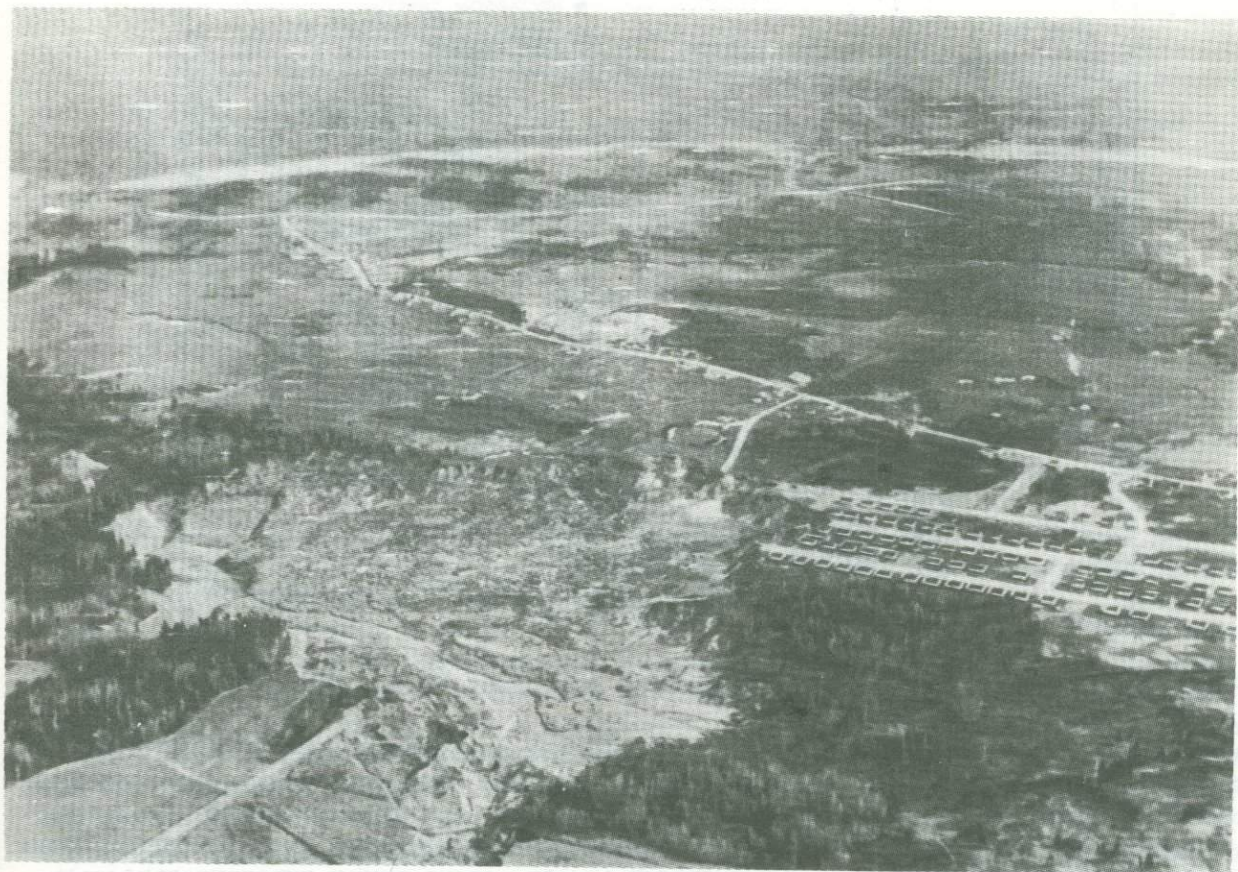


Рис. 8.1. Вид на город Сен-Жан-Виони после оползня течения (фото Джил)

зять о принципах предупреждения оползней в чувствительных глинах, необходимо кратко рассмотреть геологическую историю таких грунтов, а также процессы, в результате которых глины стали высокочувствительными. Также полезно рассмотреть основные факторы, которые приводят к потере устойчивости этих грунтов на склонах.

В восточной Канаде высокочувствительные глины залегают на больших площадях, расположенных вдоль основных рек, где сконцентрирована большая часть населения (рис. 8.2), в связи с чем оползни в этих районах могут быть катастрофическими, как по числу погибших людей, так и в смысле материальных убытков. Эти глины образовались в кайнозойскую эру (плейстоцен и голоцен) в районе моря Шамплен, которое в то время занимало место долин главных рек в этом районе: реки Оттава, Сен-Лорен и Сагенай [8]. В то время (12 – 9 тыс. лет, до н.э.) ледяные щиты, покрывающие северную часть Америки и Европы, отступали на север. Таким образом, глинистые частицы отлагались в морской среде, имеющей разнообразную соленость. В основном вода в море была горько-соленая. При скорости изостатического подъема, превышающей скорость поднятия морского дна, отложения глин постепенно поднимались над уровнем моря и подвергались уплотнению и процессам выветривания. В некоторых местах верхняя часть отложений размывалась, оставляя подстилающие грунты в состоянии переуплотнения [4], что объясняет хрупкость канадских глин. Скандинавские глины, менее хрупкие, уплотнены нормально.

Минералогический состав чувствительных глин Канады и Скандинавии очень похож. Глинистые частицы (менее 2 микрон) составляют менее 25% по весу, кварц и полевой шпат составляют более 30 или 40%. Некоторый аморфный материал, оказывающий значительное влияние на чувствительность этих глин, также присутствует в их составе [27]. При поднятии морских отложений со дна моря процессы выветривания ускоряются: дожди, органические кислоты и многовалентные органические вещества выщелачивают соли из этих грунтов. Во многих случаях глинистые отложения испытывают

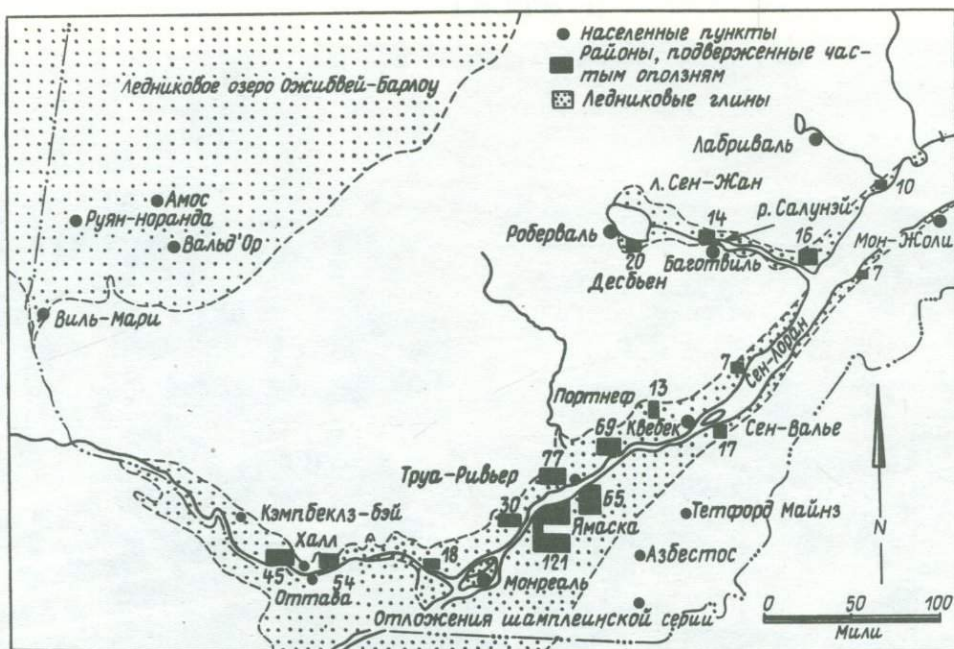


Рис. 8.2. Схема распространения оползней в провинции Квебек (Шанон, 1968)

влияние артезианского давления, что обуславливает фильтрацию пресной воды через коренные породы или глинистые основания, вследствие чего происходит выщелачивание солей из глины. Бьеррум и Розенквист [3] признают, что выщелачивание солей представляло собой естественный процесс в формировании норвежских чувствительных глин. Однако в канадских глинах нет взаимосвязи между соленостью и чувствительностью. Митчел [23] предположил, что глины низкой солености имеют чувствительность, которая коррелируется моновалентными катионами. Чем больше значение этого отношения, тем больше мощность двойного слоя, и таким образом, тем больше сила отталкивания между частицами во время разрыхления глин.

Как упоминали Лебиус и другие [21], чувствительные глины, в которых образуются оползни, содержат в поровой воде соли до 2,5 г/л, а отношение многовалентных катионов к общему содержанию катионов в общем случае составляет больше 0,8. Внешние условия, при которых старели эти глинистые отложения, и особенно, факторы, способные увеличить просачивание воды через эти отложения, в значительной степени влияли на развитие чувствительности в морских глинах. Хотя Бьеррум и другие [2] указывают, что просачивание воды с поверхности вниз составляет незначительную величину и что формирование пльвуновых глин в основном обусловлено выщелачиванием в результате просачивания грунтовых вод снизу вверх, имелись случаи просачивания вод вниз, которые привели к появлению пльвуновых глин. Примером таких глин является месторождение в Сен-Жан-Виюни.

Трудно перечислить все причины, которые приводят к возникновению оползней. Некоторые из них имеют геологический характер. Они могут способствовать как ускорению процесса выветривания чувствительных глин, так и возникновению оползней, которые имеют различную частоту в разных районах. Карта, показанная на рис. 8.2, приводит результаты переписи оползней в провинции Квебек, сделанные Шаноном (1968). Ряд причин, объясняющих высокую пораженность территории оползнями, был рассмотрен в работе Ла Рошеля и других [17]. На изученных неустойчивых территориях под глинами наблюдались значительные пустоты в коренных породах, оказывающие небольшое влияние на динамику подземных вод. Надо отметить, что во всех трех случаях оползневых явлений в Сен-Жан-Виюни, Туве и Рисса были отмечены аналогичные условия. В общем, геологические факторы оказывают влияние на развитие оползней в той степени, что они увеличивают просачивание через глины, которое приводит к их выщелачиванию и повышению внутрипорового давления в склоне, где происходит формирование оползня. В неустойчивых грунтах распределение внутрипорового давления по поперечному сечению скло-



Рис. 8.3. Количество оползней по месяцам в году в Квебеке, Норвегии и Швеции (Тавенас и Леруель, 1981)

на показывает наличие градиента давлений в верхней части сечения, которое уменьшается сверху вниз, тогда как в сечении у подошвы склона этот градиент направлен снизу вверх. В некоторых случаях перепад давлений может составлять 0,9 [17]. В соответствии с данными Лафлер и Лефевр [13], этот градиент можно считать нормальным для склонов, где водоносные горизонты залегают на некоторой глубине от подошвы.

Для любого типа грунтов увеличение внутрипорового давления является фактором, который, как часто указывается в литературе, способствует оползанию этих грунтов [19]. Такая же ситуация наблюдается и в районах, сложенных чувствительными глинами, для которых связь между сезонами увлажнения и оползанием является четко установленной. Эта связь иллюстрируется на гистограммах, представленных на рис. 8.3, сделанных Тавенасом и Леруелем [26] для территорий Квебека, Норвегии и Швеции. Пики активизации оползней наблюдаются в весенний период и в конце года, когда осадки наиболее частые. Однако в Квебеке имеется еще один пик, который является доминирующим в апреле и мае, когда таяние снегов совместно с дождями может создать самые благоприятные условия для инфильтрации влаги. Этим и объясняется, почему большинство оползней в восточной Канаде происходит именно в весеннее время.

Внутрипоровое давление может увеличиваться в результате хозяйственной деятельности; например, строительства водопроводных или канализационных систем, которые считаются обычными строительными работами, могут быть этому причиной. Однако, как будет показано ниже, эти обычные строительные работы требуют выполнения специальных охранных мер в том случае, когда они проводятся недалеко от бровки склона, сложенного глинами, поскольку утечка воды из трубопроводов может вызвать проникновение ее в глинистые массы и привести к потере устойчивости. Утечки из канализационных трубопроводов особенно опасны, поскольку органический материал и неорганические вещества, такие, как фосфат натрия, являющийся компонентом многих моющих веществ, действуют как диспергирующие химические вещества, значительно увеличивающие потерю прочности разрыхленных глин [24,21].

Забивка свай в чувствительных глинах может вызвать повышенное внутрипоровое давление, которое распространяется в результате радиационного процесса на прилегающие зоны. Вспучивание, происходящее в таких грунтах, приводит к постепенной потере прочности. Проблема становится еще более острой, если присутствуют проницаемые горизонты в толще глин, что позволяет повышенному внутрипоровому давлению распространяться с большой скоростью на большие расстояния. Массаж и Бромс [22] приводят много примеров проявления оползней в скандинавских глинах, возникших в результате забивки свай. Один такой случай также произошел в провинции Квебек, когда большой оползень в чувствительных глинах был вызван забивкой свай [7].

В районах, сложенных чувствительными глинами, эрозия рассматривается как вторичный фактор, вызывающий неустойчивость склонов. Часто этот фактор оценивается как спусковой механизм крупных оползней течения в чувствительных грунтах. Роль эрозии в образовании оползней в пльвинных глинах рассматривалась Бьеррумом [2],

а также Вильямсом и другими [3]. В этих исследованиях изучалась скорость отступления речного берега под воздействием эрозии в районе Оттавы. Следует отметить, что первичный оползень, который произошел прежде, чем возник основной оползень течения в Сен-Жан-Виони, произошел на участке, где эрозия подошвы речного берега была особенно активной. В этом случае эрозия может рассматриваться как спусковой механизм.

Влияние хозяйственной деятельности хорошо проиллюстрировано исследованиями Виберга (1981), который построил гистограмму частоты оползней в Швеции с 1640 г. Этот график показывает, что имелось значительное увеличение частоты проявления оползней, начиная с 1880 г., что соответствует началу промышленной эры и строительству железных дорог. Самым лучшим примером отрицательного воздействия хозяйственной деятельности является большой оползень в Рисса, происшедший в результате обвала берега озера Ботнен. Обвал произошел от того, что на берегу озера местным землевладельцем была отсыпана берма. Землевладелец по причине некомпетентности неправильно использовал вынутые в результате строительных работ глины. Предотвращение таких случаев должно идти по линии информирования населения и строителей о возможных последствиях.

1. Предупредительные меры

Как было указано выше, большинству крупных оползней в чувствительных глинах предшествуют меньшие по размеру оползания, которые возникают на речных берегах или других природных склонах. Предотвращение таких оползней возможно путем предупреждения этих небольших подвижек, которые предотвращают, в свою очередь, возникновение больших оползней. В том случае, когда какой-либо склон находится в состоянии предельного равновесия, существует целый ряд мер, которые могут быть приняты с целью предупреждения дальнейшего снижения устойчивости. Основная проблема в этом случае состоит в том, чтобы заставить землевладельцев и других людей, живущих в этом районе, осознать степень риска, возникающего в результате их деятельности, приводящей к нарушению природного равновесия. К сожалению, достичь цели в таких случаях удается не всегда. При осуществлении любых мероприятий на данной территории необходимо учитывать, что естественные склоны, сложенные чувствительными глинами, должны находиться в состоянии устойчивого равновесия, и любое вмешательство должно либо увеличивать их устойчивость, либо сохранить в прежнем состоянии. Предупредительные меры должны основываться на учете двух основных причин, вызывающих потерю устойчивости: избыточное поровое давление и изменение геометрии склона. Обычные профилактические меры будут рассмотрены ниже.

Самым простым способом повышения устойчивости склона является обычно улучшение его геометрии с целью уменьшения среднего угла заложения склона. Это улучшение можно осуществить или путем срезки верхней части склона, делая таким образом весь склон более пологим, или путем отсыпки банкета подошвы склона. Бромс [5] отмечает, что такой подход использовался в случае улучшения состояния долины реки Гета. В случае оползня в Сен-Жан-Виони склоны депрессии уположивались для обеспечения дальнейшей безопасности района (рис. 8.4). Постройки из этого района были перенесены в другое место, чтобы укрепить растительностью спланированную территорию. В дальнейшем на этих склонах проявления оползней не наблюдалось.

Повышением устойчивости путем отсыпки банкета у подошвы склона можно достичь дополнительных преимуществ по сравнению с другими способами изменения геометрии. Вес банкета не только снизит сдвигающий момент масс, но также увеличит момент сопротивления в результате добавления эффективных напряжений и косвенным образом увеличит сопротивление сдвигу по потенциальной поверхности смещения. Этот фактор особенно благоприятен при наличии градиентов, направленных снизу вверх, в условиях артезианского давления подземных вод под подошвой склона. Кроме того, банкет у подножия склона может обеспечить очень эффективное средство защиты против эрозии, если материал для банкета выбран правильно.

На рис. 8.5 показан вид такого банкета, который был отсыпан в Арвида, недалеко от Сен-Жан-Виони. В этом районе чувствительные глины залегают на небольшом плато,



Рис. 8.4. Оползневой цирк в Сен-Жан-Виони



Рис. 8.5. Вид на ферму у подножия склона в месте перенесения жилых зданий в Сен-Жан-Виони

ограниченном эрозионными склонами. Хотя сам район не подвержен оползням и здесь наблюдается только осыпание вследствие морозного выветривания, было решено отсыпать банкет у подножия для предупреждения неожиданных негативных воздействий в результате интенсивного строительства.

Управление эрозией, направленное на предотвращение нежелательных изменений в геометрии, можно включить в раздел методов, имеющих отношение к созданию правильной геометрии склонов. Банкеты, которые отсыпаются из скальных пород или гравия, представляют собой самый легкий способ управления процессами эрозии. Однако в некоторых случаях, где строительство банкета не целесообразно по разным причинам, например, из-за отсутствия места, можно рекомендовать такие способы, как строитель-



а



б

Рис. 8.6. Вид на долину реки Пти-Бра: а) до строительства габионов; б) после строительства габионов

ство габионов. Габионы представляют собой корзины, сваренные из оцинкованной металлической сетки, которые заполняются природным или дробленным материалом, диаметром 50–100 мм. Затем они укладываются как кирпичная стенка. В Сен-Жан-Виони, где эрозия на небольшой речке Пти-Бра была очень активной, габионы использовались для прекращения эрозии. Фотографии речной долины до и после установки габионов даны на рис. 8.6а, и 8.6б. Обе стороны, а также и дно реки были защищены габионами. В том случае, когда размыву подвергается тонкий ил или глина, желательно, а иногда и необходимо, укладывать фильтрующий слой между габионами из крупного камня и основанием, сложенным тонкодисперсными грунтами. Для этой цели очень эффективным является синтетический фильтрующий материал. Габионы выдерживают значительные деформации, что играет большую роль при проведении защитных работ такого рода, кроме того, они устойчивы при расчистке русел. Метод установки габионов успешно использовался в восточной Канаде. Вместо того, чтобы покрывать речное русло и подножия берегов габионами, часто более экономичным является строительство барражей, располо-

женных на таком расстоянии, чтобы скорость течения реки значительно понижалась, содействуя тем самым ослаблению эрозии.

Как было указано выше, высокое внутрипоровое давление часто является главной причиной или спусковым механизмом основных оползней в чувствительных глинах. Поэтому любые дренажные системы, которые позволяют управлять или снижать внутрипоровое давление, должны использоваться в качестве меры для повышения устойчивости склонов. Склон, сложенный глинами, можно осушать различными способами, выбор которых зависит от разных факторов, включая геометрию, геологическую структуру, общее распределение внутрипорового давления и т.д. Однако следует подчеркнуть, что в результате чрезвычайно низкой проницаемости глин осушение глинистых масс едва ли возможно, если глина не трещиновата или если глинистый слой включает пласты или горизонты из проницаемого материала, такого, как песок или ил. Обычные методы дренажа естественных склонов, сложенных чувствительными глинами, включают использование или дренажных траншей, или вертикальных Дрен, или, в исключительных случаях, подземный дренаж.

Дренажные траншеи часто используются для создания дренажной сети на плато или на склоне при условии, что угол наклона склона относительно невелик. Цель этой системы состоит в понижении уровня подземных вод и предотвращении инфильтрации в глинистые массы поверхностного стока, который может увеличить внутрипоровое давление. Этот метод может оказаться эффективным в тех случаях, когда горизонт подземных вод располагается близко к поверхности плато. Лафлер и Леру [14] сообщают о случае, когда дренажная траншея дала хорошие результаты в осушении поверхностного слоя трещиноватой глины на склоне недалеко от г. Оттавы. В случае, если уровень грунтовых вод выходит на поверхность в нижней части склона у его основания, дренажная траншея, вырытая вдоль склона, может оказаться эффективной в понижении внутрипорового давления в этой критической зоне. Однако такая операция является чрезвычайно деликатной, поскольку при строительстве траншеи очень важно не вызвать оползание всего склона. Траншея, как только она открывается, должна заполняться песком и никогда не должна оставаться открытой, даже если имеет небольшую длину, на длительный период времени, например, на ночь. Проходка траншеи начинается с ее разгрузочного конца с целью немедленного получения результатов осушения склона.

Чрезвычайно важным является предотвращение любого значительного увеличения инфильтрации воды в верхней части склона, сложенного чувствительными глинами. Имеется множество случаев оползней, которые были вызваны именно этим процессом. Оползень в Сен-Жероме, о котором сообщил Ла Рошель и другие [18], является примером такого процесса. Имеется еще более драматический случай оползания грунтов в Николе, когда погибло 3 человека и был нанесен серьезный материальный ущерб. Этот оползень был вызван, вероятно, просачиванием воды из канализационного трубопровода вдоль основной дороги, которая совершенно случайно оказалась совпадающей с бровкой старого оползня [21]. Как было указано выше, вода из канализационных трубопроводов может оказаться особенно неблагоприятной с точки зрения физических свойств глины. Следовательно, когда системы канализации или водоснабжения прокладываются на плато, сложенном глинами, должны быть приняты специальные предупредительные меры. Положительный эффект дает использование перфорированных Дрен, укладываемых параллельно водопроводным и канализационным системам, в том случае, когда они проводятся в верхней части склона. Эти дрены ликвидируют избыточное количество воды, которое может появиться в результате просачивания из трубопроводов. В противном случае просачивающаяся вода может накапливаться в траншеях трубопроводов, из которых она будет медленно проникать в глинистые слои в верхней части склона. Этот метод был использован в Арвида на месте производства земляных работ в Сен-Жан-Виони. На рис. 8.5 видно, что главная дорога проходит по верхней части склона на расстоянии от его бровки приблизительно 30 метров. Любое значительное просачивание воды из кювета этой дороги в глины может привести к потере устойчивости склона. Перфорированные дрены, которые сбрасывают воду в речное русло (рис. 8.5), пропускают довольно значительное количество воды даже летом.

Градиенты фильтрации в нижней части склона вблизи подошвы часто являются критическими с точки зрения устойчивости склона. Если имеются какие-либо градиенты, нап-

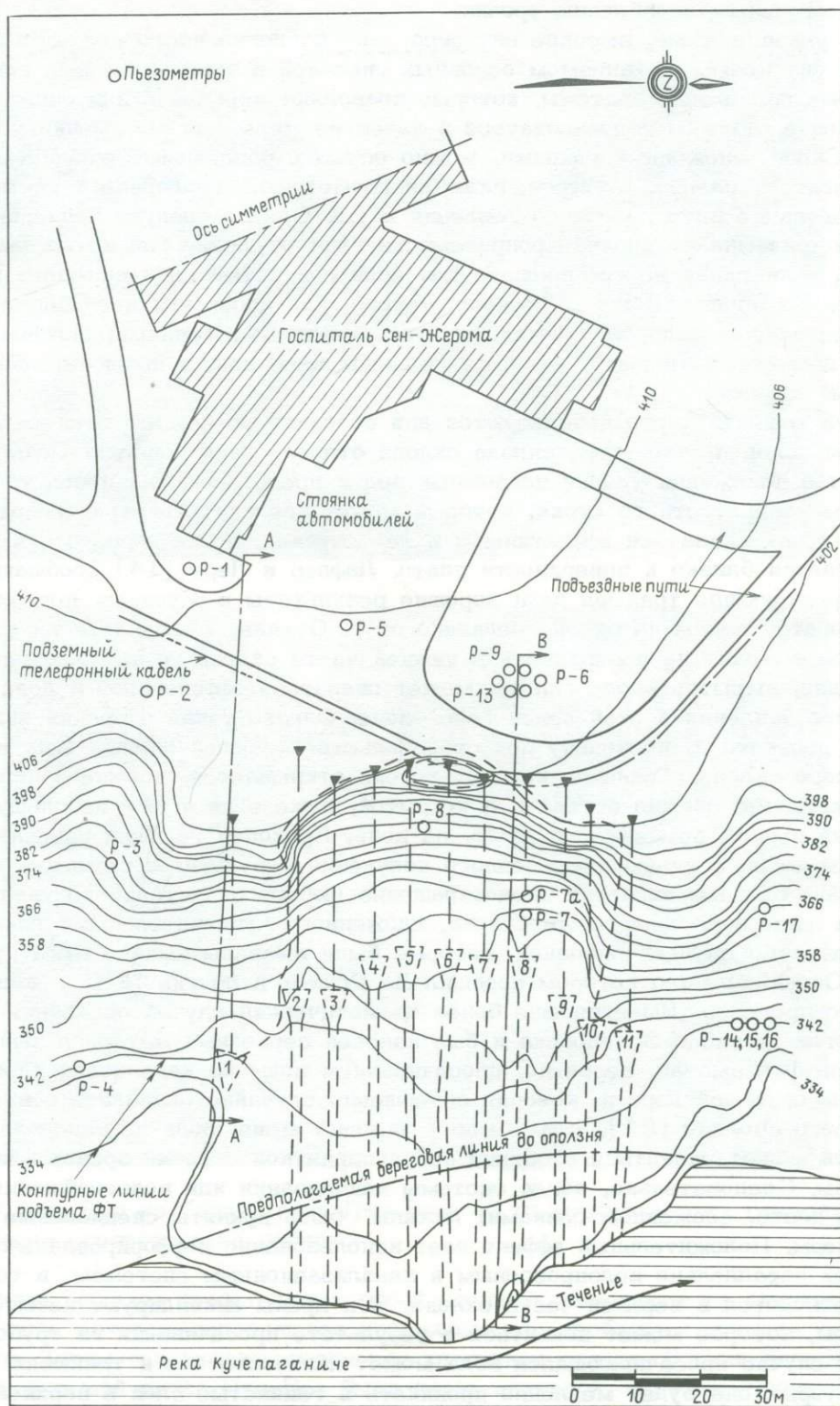


Рис. 8.7. План района оползня в Сен-Жероме (весна, 1964) (Ла Рошель, 1977)

равленные снизу вверх из нижележащего водоносного горизонта под глинистыми отложениями, осушительная траншея у подножия склона может вообще не привести к положительным результатам. В таком случае более эффективными могут оказаться вертикальные дрены. Метод использования вертикальных дрен, заполненных песком, совместно с осушительными траншеями и стабилизирующими банкетам, используется в Норвегии [10]. Дрены диаметром 20 см, заполняемые песком, бурились на расстоянии 5 м

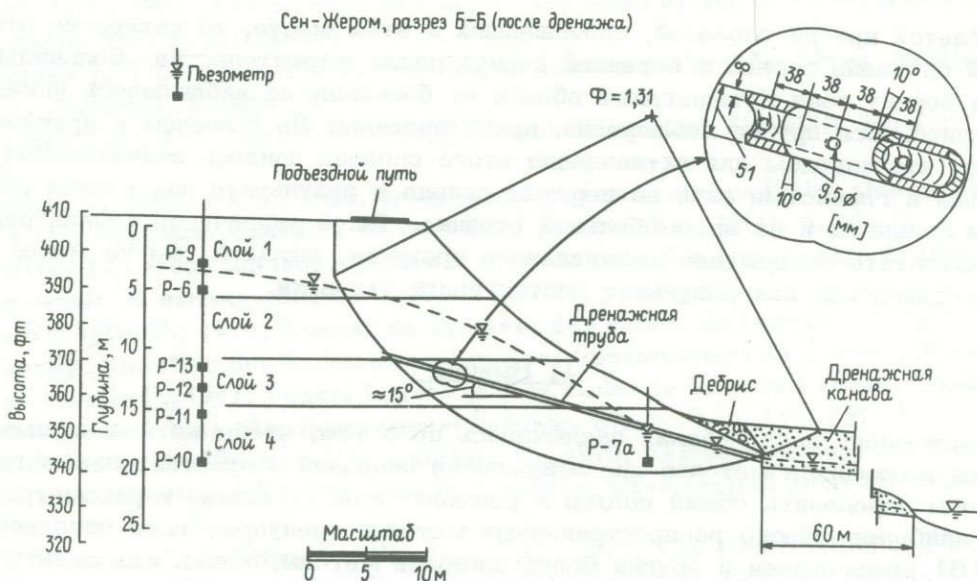


Рис. 8.8. Типичный разрез оползневого склона с траншеей и дренажными трубами (Ла Рошель и др., 1977)

друг от друга поперек склона и на расстоянии 10 м друг от друга по склону до подстилающих скальных пород. Вершина склона была также защищена стабилизирующим банкетом. Такой дренаж оказался очень эффективным для понижения внутрипорового давления по всему склону. Интересно отметить, что в этом случае в склоне присутствовали слои ила, песка и гравия. Вероятно, именно наличие хорошо водопроницаемых грунтов увеличило положительный эффект дренажных работ. В том случае, если в нижней части склона, сложенного глинами, имеется песчаный горизонт, может оказаться более эффективной установка закрытого горизонтального дренажа под углом примерно 15° к линии горизонта с таким расчетом, чтобы дренажные трубы пересекали эти песчаные горизонты. Эти дрены можно оборудовать путем использования гидравлического домкрата, проталкивая их через глинистые массы из открытой траншеи у подножья склона. Закрытый горизонтальный дренаж имеет то преимущество, что он снижает внутрипоровое давление под основанием склона, а также производит непосредственное влияние на среднее внутрипоровое давление вдоль потенциальной поверхности скольжения.

Один случай, когда были применены комбинации дренажных траншей и закрытого горизонтального дренажа, описывается Ла Рошелем и другими [18] и будет кратко рассмотрен далее. Весной 1962 г. после строительства больницы в Сен-Жероме, провинция Квебек, на плато, сложенном глинами, произошел оползень в 24 м выше по склону недалеко от стоянки для автомобилей за больницей. План этого места дается на рис. 8.7. В течение 1962–1963 гг. произошли еще 3 небольших оползня, а к этому времени вершина склона переместилась на 14 м и находилась на расстоянии 43 м от угла одного из крыльев здания больницы. Было замечено, что отложения предыдущих оползней у основания склона представляли собой очень мягкие и медленнодвигающиеся массы грунта под воздействием потока, вытекающего из подошвы склона. Более того, подземные воды выходили на поверхность приблизительно на половине расстояния от основания склона до его бровки. Несколько песчаных горизонтов в слоях 3 и 4 были обнаружены на глубине 11 м (рис. 8.8). Было решено уложить закрытые горизонтальные дрены у основания склона в конце дренирующих траншей, пройденных в отложениях древних оползней (рис. 8.7). После завершения строительства дренажной системы механическая прочность оползневых накоплений увеличилась с 30 кПа до 60 кПа и более, а внутрипоровое давление в нижней части склона снизилось до половины первоначальной величины. Поверхность склона высохла, и на ней начала развиваться растительность. Испытания крыльчаткой, проведенные до и после дренажных работ, указали, что дренаж также оказал положительный эффект на прочность пород в нижней части склона. В результате снижения внутрипорового давления коэффициент устойчивости увеличился с 1 до 1,31.

Что касается причин оползней, происшедших в этом месте, то интересно отметить, что первый оползень возник в весенний период после строительства больницы, а также, что на берегу реки Кушепаганиш вблизи от больницы не наблюдалось никаких признаков оползней. Все другие наблюдения, представленные Ла Рошелем и другими [18], показывают, что поводом для активизации этого оползня явилось значительное просачивание воды в глинистые слои на вершине склона в результате накопления снега вокруг здания больницы и на автомобильной стоянке. Такое увеличение инфильтрации возникло в результате совершенно неожиданного процесса, который тем не менее должен быть классифицирован как результат деятельности человека.

1. Выводы

Цель настоящего исследования заключалась не в том, чтобы дать исчерпывающий анализ всех имеющихся методов предотвращения оползней в чувствительных глинах, а в том, чтобы определить общий подход к решению этой проблемы и рассмотреть преимущества наиболее широко распространенных методов предупреждения оползней. Бромс и Шталь [6] рассмотрели и другие более сложные методы, такие, как электроосмос, химические и электрохимические способы обработки, забивка свай и другие. Эти специализированные методы, которые перед использованием требуют детального технического и экономического анализа, заслуживают более тщательного рассмотрения.

Оползень в Туве и характер восстановительных работ является яркой иллюстрацией методов по стабилизации склонов. Подход к решению проблемы в этом случае значительно отличается от подхода, рассмотренного в этой главе, поскольку в этом новом методе использовались тяжелые конструкции, предназначенные для удержания глинистых слоев в их первоначальном положении на материнских скальных породах или на подстилающих глинистых слоях. Конструкции эти включают заанкеренные или круговые защитные стенки из свай, заполненные скальным материалом, или поддерживающие уступы, сделанные из соответствующих материалов для стабилизации оползней [1]. Этот подход обуславливается психологическими аспектами ситуации в Туве и технически стал возможен потому, что водоупорные подстилающие горизонты находятся неглубоко от поверхности земли. В случае чувствительных глин, мощность которых может быть значительно больше, чем мощность оползающего слоя, это встречается нечасто, цель редко оправдывает затраченные средства. Поэтому более простые методы предотвращения оползней, описанные в этой работе, в общем случае являются более экономичными.

Литература

1. Berntson J., Lindh B.G., 1981. The Tuve Landslide— A photo documentation. Proc. 10th ICSMFE, Stockholm, Vol. 3, p. 363—366
2. Bjerrum L., Loken T., Heidberg S., Foster R., 1969, A field study of factors responsible for quick clay slides. Proc. 7th ICSMFE, Vol. 2, p. 531—540.
3. Bjerrum L., Rosenqvist I.Th., 1956, Some experiments with artificially sedimented clays. Geotechnique, Vol. 6(3), p. 124—136
4. Bouchard R., Dijon D.J., Tavenas F., 1983. Origine de la préconsolidation des argiles du Saguenay, Québec. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 20 (2), in press.
5. Broms B.B., 1969, Stability of natural slopes and embankment foundations. Discussion, Session 5, Proc. 7th ICSMFE, Mexico, Vol. 3, p. 385—394
6. Broms B.B., Stal T., 1980, Landslides in sensitive clays. State-of-the-Art Report, Proc. Int. Symp. on Landslides, New Delhi, Vol. 2, p. 39—66
7. Carson M.A., 1979, On the retrogression of Landslides in sensitive muddy sediments. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 16 (2), p. 431—443
8. Gadd N.R., 1975, Geology of Leda clay. MassWasting, 4th Guelph Symp., on Geomorphology, Geo Abstract Ltd., p. 137—151
9. Gregersen O., 1981, The quick clay landslide in Rissa, Norway. Proc. 10th ICSMFE, Stockholm, Vol. 3, p. 421—426

10. Holm O.S., 1961, Stabilization of a quick clay slope by vertical sand drains. Proc. 5 th ICSMFE, Paris, Vol. 2, p. 625-627
11. Inganäs J., Viberg L., 1979, Inventering av Lerskred i Sverige. Proc. Nordic Geotechnical Meeting, Helsinki, p. 549-556
12. Jorstad F.A., 1968. Leirskred i Norge. Norsk Geografisk Tidsskift, Bind 22, Hefte 3, p. 214-219
13. Lafleur J., Letebvre G., 1980. Groundwater regime associated with slope stability in Champlain clay deposits. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 17(1), p. 44-53
14. Lafleur J., Leroux S., 1981, Incidence et prévention des glissements de terrain reliés à l'hydro-géologie de surface. Eau du Québec, Vol. 14, p. 314-320
15. La Rochelle P., 1973, Rapport de synthèse des études de la coulée d'argile de Saint-Jean -Vianney. Ministère des Richesses naturelles, Gouvernement du Québec, № S-151, p. 74
16. La Rochelle P., 1981, Causal factors of clay slides in Eastern Canada. Landslides and Mudflows, Report of Alma-Ata International Seminar, UNESCO, p. 116-127
17. La Rochelle P., Chagnon J.Y., Lefebvre G., 1970, Regional geology and Landslides in the marine clay deposits of Eastern Canada. Canadian Geotechnical Journal, Vol.7(2), p. 145-156
18. La Rochelle P., Lefebvre G., Bilodeau P.M., 1977, The stabilization of a slide in Saint-Jérôme, Lac Saint-Jean. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 14(3), p. 340-356
19. La Rochelle P., Marsal R.J., 1981, Slope stability, General Report to Session 11, 10 th ICSMFE, Stockholm, Vol. 4
20. Lebuis J., Rissmann P., 1979, Earthflows in the Québec and Shawinigan areas. Geological Association of Canada Congress, Québec, Brochure for field trip B-11
21. Lebuis J., Robert J.M., Rissmann P., 1982, Regional mapping of Landslide hazard in Québec. Symp. on Landslides in Sensitive Clays, Linköping, Sweden, p. 59
22. Massarsch K.R., Broms B.B., 1981, Pile driving in clay slopes. Proc. 10th ICSMFE, Stockholm, Vol. 3, p. 469-474
23. Mitchell J.K., 1976, Fundamentals of Soil Behaviour. John Wiley and Sons Inc.
24. Söderblom R., 1974, Organic matter in Swedish clays and its importance for quick clay formation. Proc. Swedish Geotechnical Institute, N 26, p. 89
25. Tavenas F., Chagnon J.Y., La Rochelle P., 1971, The Saint-Jean-Vianney Landslide: observations and eyewitnesses accounts. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 8(3), p. 463-478

Глава 9

ПРОТИВООПОЛЗНЕВАЯ ЗАЩИТА г. СОЧИ

Черноморское побережье Кавказа в пределах Большого Сочи является классическим оползневым районом СССР. Пораженность территории Большого Сочи в междуречье Шахе-Кудепста оползнями (древними, старыми, давними и современными активными и закрепленными) достигает 80%. Пересеченный рельеф, слабо устойчивые к денудации породы, частые изменения за четвертичный период базисов эрозии и абразии за счет колебаний уровня моря явились основными причинами формирования в этом районе столь большого числа оползней в прошлом. Интенсивное освоение района, начиная с конца XIX в. и поныне, повлекшее к нарушению природного равновесия склоновых процессов в результате вырубki лесов, линейных подрезок при прокладке шоссейной и железной дорог, площадных перепланировок и локальных подрезок на застраиваемых участках, привело и приводит сейчас к активизации старых и древних оползней и расширению площадей развития современных оползней. Большинство участков, выделяемых в настоящее время под освоение, являются оползневыми или потенциально оползневыми, так как наиболее пологие, удобные для строительства элементы рельефа (речные и морские террасы) уже освоены гражданским и курортным строительством.

Хозяйственная деятельность человека, связанная с освоением территории, по интенсивности воздействия на оползневые склоны в несколько раз превышает интенсивность воздействия природных факторов. Наиболее часто оползни в районе Сочи возникают в

откосах выемок и котлованов, на недостаточно благоустроенных склонах при потерях и неправильной организации сброса хозяйственных вод, изменениях гидрогеологических условий склонов, при перегрузках склонов отвалами и т.д. Динамические воздействия от железнодорожного и автомобильного транспорта, работающих механизмов, взрывных и других работ также способствуют возникновению и развитию оползневых процессов на склонах. Уже в процессе строительства шоссейной (конец XIX в.) и железной (начало XX в.) дорог в районе г. Сочи потребовалось осуществление большого объема противооползневых мероприятий, состоявших в основном в возведении подпорных стен, защите основания подмываемых морем участков склона, устройстве поверхностных водоотводов, дренажей и т.д.

С целью координации и осуществления планомерной борьбы с оползнями в 1937 г. при Сочинском горисполкоме было создано Противооползневое управление, преобразованное в 1945 г. в Управление противооползневых работ и инженерной подготовки территории Сочи-Мацестинского курорта. В том же 1937 г. при противооползневом управлении была организована проектно-исследовательская контора. В ее функции входили изыскания на оползневых участках и проектирование противооползневых мероприятий. В 1971 г. на этой базе был создан головной институт по проектированию противооползневых мероприятий на юге РСФСР - "Южгипрокоммунстрой".

Помимо проектов закрепления отдельных оползней, в 1948 г. была разработана Генеральная схема инженерной подготовки территории г. Сочи, а в 1972 г. - Генеральная схема берегоукрепительных и противооползневых мероприятий на участке Черноморского побережья Кавказа от г. Туапсе до г. Адлера. Для обоснования проектов противооползневых и берегоукрепительных работ привлекались специализированные организации: Черноморская оползневая станция, Черноморская лаборатория ЦНИИС, ВСЕГИНГЕО, Московский и Киевский инженерно-строительные институты, Московские: Государственный университет им. М.В. Ломоносова и Геолого-разведочный институт, и другие научно-исследовательские организации.

В 1980 г. институтом "Южгипрокоммунстрой" была разработана схема инженерной защиты городов и населенных пунктов Краснодарского края от оползней, обвалов, селевых потоков, снежных лавин и подтопления и в ней - в качестве самостоятельного наиболее крупного раздела - схема защиты территории г. Сочи от оползней по той части, которая не вошла в Генеральную схему берегоукрепления приморской зоны (1972 г.). Апробированный в течение нескольких десятилетий в сложных в инженерно-геологическом отношении специфических условиях сочинских субтропиков комплекс противооползневых мероприятий включает следующие основные виды работ:

- 1) механическое удержание оползневых масс;
- 2) срезка, разгрузка и террасирование склонов;
- 3) регулирование и засыпка балок и оврагов;
- 4) устройство сети нагорного водоотвода;
- 5) дренирование подземных вод;
- 6) агролесомелиорация.

Устройство удерживающих подпорных стен повсеместно применяется на оползневых склонах в неразрывной связи с одновременными планировочными работами. Подпорные стены применяются различных конструкций - уголковые железобетонные, гравитационные из монолитного и сборного бетона, с разгружающей железобетонной плитой, уголковые с контрфорсом и т.д. Строительство подпорных стен в условиях Сочи, при наличии сильной обводненности пород почти в течение трех четвертей года, в обязательном порядке должно сопровождаться очень тщательным и качественным устройством застенного дренажа.

Укрепление оползневых участков в нижних частях склонов рек и крупных балок, имеющих водотоки с расчетными расходами до $200 \text{ м}^3/\text{с}$, рекомендуется устройством коллекторов и засыпкой русел слоем до 20 м для создания распоров. Такой способ укрепления оползней позволяет не только закрепить оползневые очаги, но и значительно расширить территории под застройку. Так, например, регулирование р. Бзугу коллектором диаметром 5 м и засыпкой высотой до 12 м позволило над канализирован-

ным руслом реки проложить широкую автостраду, инженерные коммуникации и закрепить оползневые склоны. Регулирование р. Западный Дагомыс закрытым коллектором с засыпкой русла грунтом закрепило оползни и высвободило территорию, на которой разместился асфальтобетонный завод. Прокладка ливневого коллектора по дну балки Сутугинской и его засыпка грунтом, вынутым при строительстве тоннеля, позволила усилить контрфорсную часть склонов, высвободить территорию, построить производственную базу и спрямить автомагистраль. В условиях повышенного увлажнения в зоне влажных сочинских субтропиков важную роль в комплексе противооползневых мероприятий играет организация поверхностного стока. В качестве водоотводных сооружений в районе г. Сочи сооружались лотки (мощенные камнем, бетонные, сборные железобетонные, в том числе телескопические). С их помощью обеспечивается перехват до 50–52% поверхностного стока на застроенных территориях и до 30–35% – на залесенных.

Для горных рек Черноморского побережья Кавказа характерны частые паводки и блуждание русел. Для предотвращения подмыва основания оползневых склонов осуществляется регулирование этих рек бетонными опоясками с максимальным спрямлением русел, устройством бетонных ступенчатых перепадов, а для некоторых малых рек и с полным бетонированием днища в полосе регулирования (р.р. Псахе, Бзугу, Мацеста и др.). Работа таких сооружений достаточно эффективна и проявляется в устранении боковой и донной эрозии в пределах зарегулированных участков русел рек.

Широким применением на оползневых склонах г. Сочи пользуются дренажные каналы, прорези (открытые и закрытые), реже – штольни и галереи. Наиболее эффективными являются дренажи, прорезающие всю мощность рыхлых водовмещающих четвертичных образований. Такие дренажи перехватывают все воды, включая верховодку, и меньше кольматируются. Дренажные прорези при правильном их устройстве играют весьма существенную роль в стабилизации оползней. В условиях г. Сочи широко применяются в качестве противооползневого мероприятия перераспределение грунтовых масс на оползневых склонах, направленное на изменение напряженного состояния пород за счет срезки грунта в головной части оползня и пригрузки языка. Этот метод стабилизации предполагает широкую механизацию работ. Частным случаем перераспределения грунтовых масс является террасирование поверхности склонов. Этот вид воздействия на оползневые склоны дает положительный эффект в сочетании с другими мероприятиями (устройство облицовочных стен, организация поверхностного водоотвода, агролесомелиорация и т.д.). Применение агролесомелиорации при борьбе с оползнями в условиях субтропиков довольно эффективно. Основное ее действие сводится к изменению влажностного режима грунтов за счет транспирации и задержания части выпадающих осадков кроной деревьев и кустарников. Кроме того, закрепляющую роль играет корневая система деревьев.

Для борьбы с оползнями на морских склонах в условиях Сочи успешно применяется широкий комплекс берегоукрепительных мероприятий: волноотбойные стены, волноломы, буны, ряжи, наброски бетонных массивов, искусственные пляжи. Абсолютное большинство оползней на морских склонах, связанных с абразионным размывом берега и подсечками при строительстве железной дороги, к настоящему времени закреплено. Этому в значительной степени способствовало осуществление берегоукрепительных мероприятий, предусмотренных Генеральной схемой 1949 г. К настоящему времени на 100-километровом участке побережья в пределах Большого Сочи общая длина сооруженных волноотбойных стен превышает 70 км, из них около 60 км построено для защиты железной дороги, общая длина волноломов составляет более 6 км, построено более 550 бун, общей длиной порядка 25 км.

В современный период бурного развития города-курорта резко повышаются требования к инженерно-геологическому обоснованию проектирования дальнейшего строительства на вновь осваиваемых территориях, включающих преимущественно склоны оползневого генезиса. Увеличивается ответственность и за правильное принятие архитектурно-планировочных решений, от которых зависит объем и состав комплекса противооползневых мероприятий. Инженерно-геологические исследования на оползневых склонах, как правило, проводятся не только на площадке будущего строительства, но и в ближайших

окрестностях с тем, чтобы получить прогнозные данные по возможной активизации оползней и захвату ими застраиваемых площадок, с дальнейшим использованием данных прогноза для изменения плановой посадки зданий и сооружений или своевременного осуществления предупреждающих противооползневых мероприятий.

Ввиду уже значительной застроенности большей части пологих форм рельефа современное строительство в пределах Сочи развивается, в основном, на склонах малой (до $10-12^{\circ}$) и средней (до 25°) крутизны, где мощность рыхлых покровных образований варьируется преимущественно в интервале от 3–5 до 8–10 м. В таких условиях, учитывая необходимость минимальных подрезок склонов, зачастую ведущих к активизации оползней, проектированием все чаще предусматривается применение свайного типа фундаментов с опиранием свай-стоек на практически несжимаемое грунтовое основание (аргиллиты или галечники морских и речных террас). Склоны, пораженные оползневыми процессами, считаются наименее пригодными для строительства. Однако в этом есть и определенная условность. Все зависит от того, в какой стадии развития находится оползень, каковы его размеры, глубина захвата. При небольших глубинах развития оползневых процессов (до 2,0–2,5 м) и не очень крутом рельефе ряд участков может осваиваться под строительство при условии заглубления фундаментов в стабильные (не включенные в оползневой процесс) грунты, отсечения места застройки от основного тела оползня и защиты его комплексом противооползневых мероприятий и гидротехнических сооружений.

В то же время в пределах Сочи имеется ряд участков на склонах малой и средней крутизны, с небольшими мощностями (2–3 м) рыхлых покровных отложений, которые представляются довольно удобными для освоения, но требуют очень осторожного к ним подхода. Это так называемые "структурные" склоны, сформировавшиеся на крыльях Бытхинской антиклинали, где пласты коренных пород залегают субпараллельно поверхности склонов. При довольно сильной тектонической трещиноватости пород, характерной для южного крыла Бытхинской антиклинали, когда пласты пород разбиты на блоки системой вертикальных взаимно пересекающихся трещин, совпадающих с простиранием и падением пластов, даже при небольших подрезках происходят мгновенные смещения заколотых блоков аргиллитов сочинской свиты палеогена. Такому смещению способствует наличие глинистой смазки и обводнения по напластованию аргиллитов. При подготовке под застройку структурных склонов основной задачей специалистов по вертикальной планировке должно быть максимально возможное сохранение целостности пластов коренных пород, исключение их подрезок, особенно в нижних частях склонов. В этом случае при проектировании планировочных работ предпочтение должно отдаваться отсыпкам с максимальным использованием возможностей вписывания зданий и сооружений в естественный рельеф. В ряде случаев необходимо предусматривать мероприятия по закреплению разбитых на блоки пластов коренных пород, особенно выклинивающихся ниже по склону, которые будут нести нагрузки от проектируемых зданий и сооружений. В г. Сочи имеется уже достаточный опыт закрепления разбитых на блоки пластов коренных пород. Так, на первой стадии закрепления блоковых оползней Приморского парка в начале пятидесятых годов для предотвращения дальнейшего смещения сползших блоков были применены бетонные шпоны, связавшие смещенные блоки с коренным массивом. Для этих же целей в последние годы широко начали применяться буронабивные сваи, заглубленные в коренные породы не менее чем на 3–5 м, связанные ростверком, работающие отдельно как шпоны, а в совокупности как противооползневой барраж. Буронабивные сваи могут иметь диаметры 530–1000 мм. Сваи диаметром 530 мм обычно применяются в два ряда, при этом, например, при мощности оползневого тела 12,0 м каждая свая выдерживает давление грунта, равной 6,5 т, а рама из двух свай – 13,0 т на 1 пог.м. Буронабивные сваи диаметром 1000 мм при той же мощности оползня, выдерживают давление 32 т на 1 погонный метр. При применении таких свай в два ряда, соединенных железобетонным ростверком, каждая из них выдерживает давление по 45 т на погонный метр. На оползнях с мощностью до 5–6 м наиболее рационально применять буронабивные сваи диаметром 530–830 мм, а при мощностях до 12–18 м – 1000 мм и более. Одним из первых примеров таких работ в Сочи явилось закрепление двумя рядами буронабивных свай раздробленных пластов аргиллитов в пределах нижней части тела оползня,

образовавшегося в 1973 г. на площадке строительства плавательного бассейна сан. "Заполярье". В других случаях буронабивные сваи играют двойную роль: как фундаменты зданий (в большинстве случаев высотных) и одновременно как шпоны, "пришивающие" рыхлый чехол и пласты выветрелых и трещиноватых пород к монолитному коренному массиву. Кроме того, косвенно применение в таких случаях буронабивных свай является противооползневой мерой, так как позволяет почти полностью исключить опасные подрезки склонов, обходясь при устройстве свайного поля, в основном, подсыпками. Многолетний опыт закрепления оползней в условиях г. Сочи показал высокую эффективность осуществленных противооползневых мероприятий при условии выполнения их полного комплекса и в установленные проектом сроки.

Глава 10

ЗАЩИТА г. ОДЕССЫ ОТ ОПОЛЗНЕЙ

Восточная и юго-западная часть Одесской городской территории ограничены берегами крупного залива Черного моря. Берега преимущественно высокие, абразионные и характеризуются проявлениями классических форм оползней прибрежно-морского типа, развивающихся в эпоху трансгрессии моря. Здесь на протяжении более чем 20 км осуществлен комплекс противооползневых мероприятий, включивший строительство капитальных гидротехнических сооружений. Противооползневые конструкции создавались с 1959 г. в три этапа, охватывая по секционно межбалочные участки побережья от одесского порта до южной городской окраины. Работы 3-го этапа завершатся в ближайшее время. Оценки наблюдений за эффективностью сооружений первой (5,9 км), а затем и второй очереди (7,5 км), как натуральных моделей, использованы для теоретических обобщений и корректив дальнейшего строительства.

Разработке комплекса мероприятий предшествовало длительное и многостороннее инженерно-геологическое изучение оползневой зоны в районе Одессы, включавшее: анализ опыта строительства противооползневых сооружений прежних лет; изучение особенностей природной обстановки - условий и факторов формирования оползней [1, 5, 13]; исследования механизма оползней [6, 8]; анализ временных рядов оползней [1, 2, 5]; инженерно-геологическую типизацию оползневых склонов [11]; лабораторное моделирование защиты берегов для типовых оползневых участков [6] и др. Всесторонний анализ эффективности противооползневых мер выполнен И.П. Зелинским (1970). Кроме авторов указанных работ, в разные годы изучением отдельных сторон защиты г. Одессы от оползней занимались советские геологи Ю.Е. Дювалье, А.М. Дранников, М.Н. Гольдштейн, В.В. Пономаренко, А.А. Чужмир и другие.

Первые попытки защитить берега г. Одессы от оползней относятся к концу XIX и началу XX столетия. Почти все они были неудачными. В значительных объемах противооползневые сооружения начали строиться с 1883 г. с целью защиты одесского маяка в районе мыса Большой Фонтан. Была пройдена первая штольня для отвода подземных вод. Однако и эта штольня, и все последующие (1889, 1912 гг. и другие) существовали лишь до первых оползневых подвижек, как и противоабразионные буны - до первых штормов. Причины разрушений заключались в конструктивных недостатках сооружений и отсутствии комплексного учета оползнеформирующих факторов. Удачным примером защиты побережья может служить лишь участок Одесской бухты в центральной части города. Здесь в первой половине прошлого века были построены портовые сооружения, которые пригрузили склон в основании (устроена насыпь до отметок 4-6 м с выводом в море на 100 м), и созданы наружные волногасящие молы. Сооружения существенно изменили здесь характер оползневого процесса. Последний оползень произошел в 1894 г., последние небольшие подвижки, значительно меньшей интенсивности - в 1963 - 1969 гг. [3].

Мероприятия по защите города от оползней разрабатывались на базе изучения и анализа широкого спектра природных оползнеформирующих факторов. Ряд важных особенностей инженерно-геологической обстановки предопределен расположением района на берегу Черного моря. Выявлено, например, что следствием аридного теплого климата

(зоны южных степей) является отсутствие существенных прямых связей оползнепроявлений с осадками. Активным фактором является волновая абразия берегов. Максимальные высоты штормовых волн здесь достигают 3,5 м, а разрушение берегового уступа, в связи с особенностями литологического состава пород побережья, начинается при высоте волн 0,5 м. Скорость абразии достигала 1,1 м/год, при минимальной 0,38 и средней 0,66 м/год. На абразию оказывают влияние и масштабы вдольберегового перемещения наносов течениями. Эволюция уровня моря, как и его современная ритмика, определяют местный базис эрозии и характер процессов в гидрографической сети, а также величины природных давлений в прибрежных толщах пород. Эти напряжения в приводораздельных частях межбалочных блоков побережья достигают величины 0,6 - 1,1 МПа и колеблются при сгонно-нагонных ветроволновых явлениях на 3-7%. Тектоническому развитию черноморской впадины подчинены геоструктурные и, опосредованно, морфоструктурные особенности района. Для района характерны глыбовое строение и активные проявления неотектоники, связанные с обновлением глубинного субширотного Вилково-Одесско-Сивашского разлома. При этом вся овражно-балочная сеть побережья является тектонически контролируемой. Это обстоятельство имеет значение при распределении поверхностных тангенциальных напряжений, вызванных вариациями ротационного режима Земли, что в свою очередь, влияет на напряженно-деформируемое состояние склонов. За 130 лет наблюдений уровень моря в районе Одессы поднялся на 0,6 м. Этим темпам наступления моря отвечают амплитуды современного тектонического опускания прибрежных блоков. Одновременно бровка плато за счет оползневого процесса переместилась в сторону суши и, так как региональный уклон плато в сторону моря невелик, то абсолютные высоты превышения бровки плато над уровнем моря за 130 лет сохранились неизменными. Таким образом, наблюдается как бы изостатический баланс.

Геологический разрез побережья до глубин возможного влияния крупных оползневых подвижек (с массой до 10 млн. т, а иногда до 40 млн.т) - в 100 м от поверхности плато - представлен отложениями неогена-плейстоцена: песчано-глинистой толщей морского меотиса, перекрываемой на уровне современной зоны уреза моря слоем ракушечных известняков (мощностью до 12 м), выше которого - элювиальные глины верхнего плиоцена и лессовидные суглинки плейстоцена. Общее залегание толщ - слабонаклонное с азимутами падения на юг. Для пространственного развития деформаций имеет значение присутствие в толще меотиса лигнитизированных и водонасыщенных песчаных прослоев; общая трещиноватость, местами закарстованность и слабая литифицированность известняков; вертикальная отдельность и недоуплотненность лессов. Глины меотиса и их элювий слабо водопроницаемы и способствуют формированию безнапорных вод (редко слабонапорных) понтического и четвертичного водоносных горизонтов. Мощность известняков и скифских глин уменьшается (местами до полного выклинивания) от водораздела к долинам глубоко врезанных в плато балок - Кангуна, Аркадийская, Среднефонтанская, Большефонтанская, Черноморская (рис. 10.1). Одновременно при удалении от балок залебанды слоев известняка несколько погружаются. Это обстоятельство резко снижает дренирующее воздействие балок, хотя в оползневой зоне балки практически изолируют межбалочные блоки друг от друга.

Первый от поверхности водоносный горизонт распространен в лессовидных отложениях почти повсеместно и имеет мощность 5-20 м. Дренаживание этих вод балками вглубь межбалочных блоков и береговым обрывом не принимает резких форм вследствие фильтрационной анизотропии лессов. В водном балансе горизонта за последние десятилетия на роль ведущей приходной статьи выдвинулись техногенные воды. Ими в зоне береговой разгрузки вызван подъем уровня подземных вод в среднем 0,1 м/год. Водупором служат краснобурые глины и суглинки, отличающиеся по водопроницаемости от лессов соответственно на три и два порядка. В местах выклинивания этих глин вода из лессов поступает в известняки понта. Среди других приходных статей 2-го горизонта на первом месте также техногенные воды, на втором - региональный водопиток. Мощность потока понтических вод - 1-5 м, уклоны его невелики - 0,01 - 0,05; гидростатическое давление - порядка $(6-15)10^3$ Па, что составляет всего 0,7-2%, от величины вертикального напряжения (от веса пород). На порядок меньше гидродинамическое давление. Однако само водонасыщение известняков снижает их прочность на раздавливание в 1,2 - 1,5 раза, а во времени имеют значение растворяющая способность под-

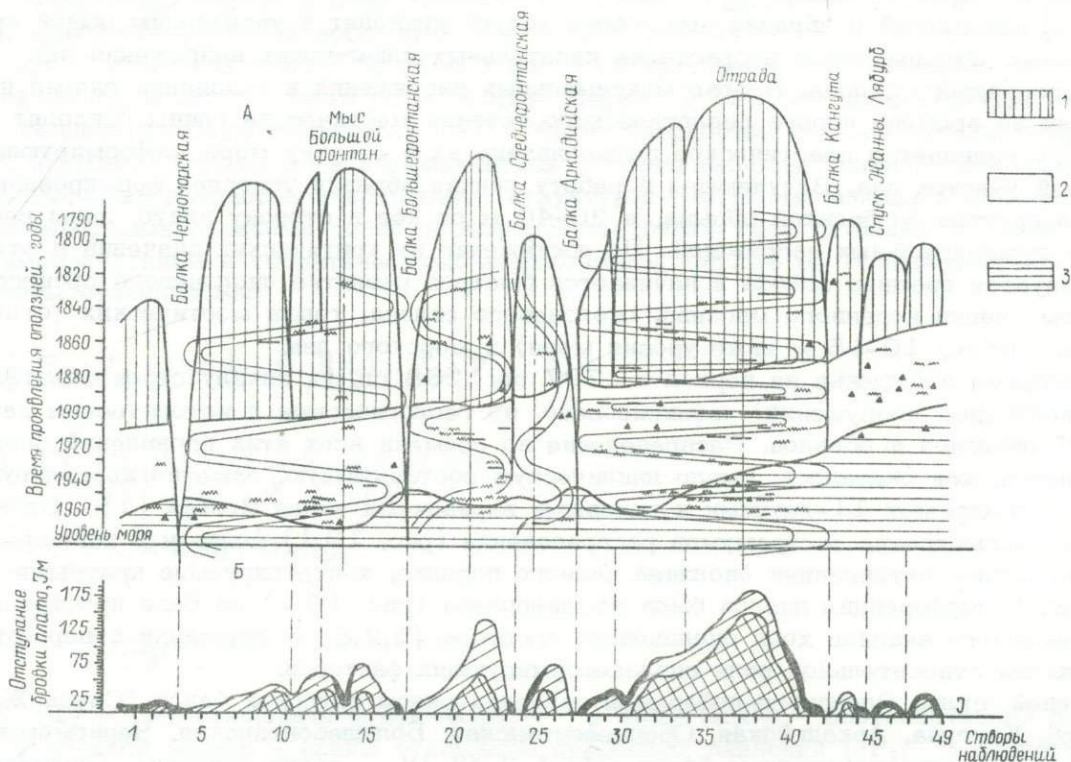


Рис. 10.1. Схема распределения оползней и обвалов (А) и график изменения суммарной ширины оползших блоков по створам (Б), из работы Ю.Г. Баландина (1968) с дополнениями. 1 - суглинки лессовидные и красные глины; 2 - известняки понтические; 3 - глины меотические; 4 - оползни крупные; 5 - оползни средних размеров; 6 - обвалы и мелкие оползни.

земных вод понтического яруса, имеющих существенную минерализацию, а также колебания их уровней. Как выявлено, внутригодовые распределения характеристик подземных вод в прибрежной части Одессы (по наблюдениям с 1937 по 1967 гг.) связаны с распределением экстремумов чисел Вольфа (солнечной активности), а с ними, в свою очередь, коррелируются проявления глубоких оползней. Обычно в местах максимальной обводненности понтического горизонта больше ширина оползневого склона, что связано с избыточным увлажнением и консистентным площадным смещением оползневых накоплений в сторону моря. В результате отмечается размыв берегового уступа волноприбоем, повышается крутизна склона в районе бровки обрыва, увеличиваются скальвающие напряжения в основании склона и горизонтальное растяжение за бровкой обрыва. Детальное изучение физико-механического состояния слагающих побережье пород привело к следующим выводам:

1) прибрежные склоны на 75% сложены легкоразмываемыми глинистыми грунтами (исключая понтические осадки), что способствует размыву берегов и образованию оползней; 2) в разрезе пород склонов генерализованно выделяются четыре (иногда три) разновидности грунтов, которые близки по показателям прочностных и деформационных характеристик: а) лессовидные суглинки, красные глины и меотические глины; б) понтический известняк, являющийся прочным (жестким) слоем; в) песчаные прослои и линзы с напорными водами и лигнитизированные глины, определяющие в меотической толще положение потенциальной зоны смещения; г) оползневые глинистые накопления, включающие раздробленные глыбы известняка; 3) слои (б) и (в) определяют значительную неоднородность свойств грунтов и существенно влияют на характер распределения напряжений и устойчивость склонов, отличаясь по прочностным и деформационным характеристикам от свойств вмещающих глинистых пород; у первого они на один-два порядка выше, у второго - ниже.

Изучение факторов оползнепроявлений позволило выявить механизм формирования одес-

ских оползней. Принципиальная его схема в следующем. Оползни-потоки обводненных оползневых накоплений и абразия передового уступа приводят к увеличению общей крутизны склона. Это вызывает возрастание касательных сдвигающих напряжений под бровкой оползневого склона. В зоне максимальных напряжений в основании склона по достижении во времени порога реологического течения меотические глины приходят в движение, и начинается пластическое выдавливание их в сторону моря, деформирующее прибрежный участок дна. Вступающая в работу донная абразия ускоряет формирование в массиве грунтов за бровкой обрыва, в 20-40 м от нее в сторону плато, зоны растягивающих горизонтальных напряжений. По достижении их критических значений в этой зоне образуется трещина закола и начинается быстрое развитие оползневого процесса с захватом части коренного массива, оползневого склона, толщи меотических отложений (на глубину 10-15 м ниже уровня моря) и морского дна.

На Одесском побережье за период с 1797 по 1968 гг. (к началу строительства противооползневых сооружений) зафиксировано, по геологическим и историческим данным, 237 оползней и обвалов. Распределение во времени всех этих проявлений оползневого процесса, как оказалось, имело циклическую составляющую, заметно коррелирующую с закономерными 11-летними и вековыми вариациями чисел Вольфа [1]. Однако подробное рассмотрение экстремумов распределения (рис. 10.1) позволило выявить наложение циклов активизации оползней разного порядка, контролируемое кратными отношениями. Интерференция циклов была расшифрована (рис. 10.1) на базе пространственно-временного анализа хода оползневого процесса [1,2,3] в сочетании с вероятностным анализом относительной роли оползнеформирующих факторов.

Береговой склон Одесского побережья разделен рядом глубоких балок (Спуск Жанны Лябурб, Кангуна, Аркадийская, Среднефонтанская, Большефонтанская, Черноморская) на морфометрически разнородные блоки - Ia, I, II, III, IV соответственно. Суммарное воздействие на склоны зафиксированных на этих участках проявлений оползней отражало неодинаковую по простиранию побережья интенсивность оползневого процесса (I); наибольшая I наблюдалась на водоразделах, наименьшая - на периферии межбалочных блоков, причем величины максимумов I были тем больше, чем выше водораздел над уровнем моря. По данным корреляционного анализа величин I по отдельным створам с прибрежными высотами створов над уровнем моря, величинами заложения склонов, скоростей абразии и режимными характеристиками подземных вод, были выявлены наиболее тесные связи I с высотами ($0,85 - 0,9$) и заложением (B) оползневого склона ($0,7 - 0,9$). Строгая периодичность повторяемости (T) оползней фиксировалась для осевых линий водоразделов, причем для разных высот водоразделов (H) она была разной ($H, м - T, лет$) 32-75; 53 - 18; 41 - 60; 46 - 35; 44-28. По обе стороны от осевой линии в пределах каждого блока намечался синусоидальный порядок пространственно-временного распределения оползней и обвалов, с периодом $2T$ (с двухгодичной зоной, рис. 10.1). Таким образом, выяснилось, что от фронтальной протяженности участка (l) как амплитуды синусоиды зависит величина T в пределах блока вне зоны максимальных высот. Был сделан вывод: временные ряды проявления оползней конкретного района следует дифференцировать по геоморфологическим особенностям, а в пределах участков (межбалочных блоков побережья) периодизацию оползневого процесса следует изучать как функцию H, L и избирательно-резонансной способности массы блока (в контурах H и L) воспринимать гармонические колебания геофизических полей.

В результате рассмотрение ряда морфометрически неодинаковых, но сходных в геологическом отношении участков Одесского побережья позволило получить модель, связывающую циклы активизации оползневого процесса с объемами - массами геологических тел (межбалочных блоков побережья), определяющих природное давление на уровне базиса эрозии [1]. Реальность аналитической структуры эмпирической модели была подтверждена теоретической формализацией оползневого процесса, а дальнейшие разработки модели привели к созданию нового метода пространственно-временного анализа рядов проявления оползней [2,3,4,5].

Используя метод аналогий, можно проконтролировать статистические данные, а при их отсутствии, - получить наиболее вероятные значения циклов T как отрезков времени относительно устойчивого состояния блоков геодинамической системы. По размерам

Т, с учетом природных условий, можно приближенно оценивать устойчивость склонов. Так, межбалочные блоки побережий с $T > 100$ лет следует считать вполне устойчивыми; при $T < 50-100$; 25-50; 10-25 лет - соответственно устойчивыми, достаточно устойчивыми и относительно устойчивыми. Период $T < 10$ лет характеризует нестабильную геодинамическую обстановку [4]. Метод разработан на базе теории геологического подобия и теории космогеофизической обусловленности цикличности экзогенных геологических процессов и использует структурно-системный анализ в сочетании с вероятностными оценками полей параметров состояния геологических тел. Как выявлено эмпирическими и теоретическими разработками, параметры оползневых процессов связаны отношениями:

$$\frac{1}{k} T_i : T_j = L_i H_i f_i : (L_j H_j f_j) = P_i : P_j, \quad (1)$$

$$L_i H_i f_i : (L_j H_j f_j) = \left(\frac{1}{k} S + Z \right) : 10 \text{ лет}, \quad (2)$$

$$\frac{1}{k} T_i : T_j = L_i H_i : (L_j H_j), \quad (3)$$

$$L_i H_i : (L_j H_j) = \left(\frac{1}{k} S + Z \right) : 10 \text{ лет}. \quad (4)$$

В (1) - (4) отношение $L_i H_i f_i : (L_j H_j f_j)$ и $L_i H_i : (L_j H_j)$ соответственно для объемной и плоской задачи - равны отношению природных давлений (P_{ij}) сравниваемых склонов, т.е. отношению главных сил, определяющих напряженно-деформируемое состояние.

T - объем цикла - время между двумя активизациями оползневых процессов, включающий стадии (по терминологии Г.М. Шахунянца): затухания, активизации, перехода в новую систему равновесия, относительной стабилизации.

k - отношение скоростей изменения за T_i и T_j энергетического состояния сравниваемых элементов (i и j) геосистемы береговых склонов. Значения "к" - ряд целых чисел в интервалах 1-15, иногда до 20.

H - высота водораздела над базисом эрозии.

L - ширина склона между эрозионными врезами

f - линейный параметр межбалочного блока, нормальный L ; в частном случае, $f = B$ - заложению склона крутизной $\text{tg} \beta = H/B$ (5). Уравнений (1) - (4) имеют более общий характер. Путем предельных переходов из них можно получить описания геомеханических моделей широкого диапазона природных обстановок [5]. Например, в приложении (1 - 2) к одному и тому же прибрежному блоку пород для интервалов времени t_1 и $t_2 = t_1 + \Delta t$ квазистационарного режима устойчивости имеем $L_1 = L_2$; $k = 1$; $\text{tg} \beta_1 : \text{tg} \beta_2 = 1$. Откуда, с учетом также (5), из (1) следует: (6), $t_1 : t_2 = (H_1 : H_2)^2$ где $H_2 = H_1 - \Delta H$ (7) и, по (2), $H = 0,11 H_1$.

Выражение (6), как известно, является базовым в теории консолидации линейно-деформируемых сред (Г.И. Покровский, И.В. Федоров, 1939; Д. Тейлор, 1960). Аналогичны модели предельных (по показателям свойств) состояний грунтовых систем у Н.Н. Маслова (1957) и А.И. Ксенофонта (1964).

Второе простое преобразование зависимости (1) приводит (5) к выражению другой закономерности: одинаковые циклы активизации оползневых процессов может иметь серия склонов с различными H, L, B , в сочетании: $(HLB) = \text{Const.}$ (8), соответствующем примерному равенству масс береговых блоков и их гравитационным воздействиям на породы уровня базиса эрозии. Выражение (8) характеризует гиперболический тип зависимости H от B (плоская задача) либо H от площади основания структуры для форм рельефа одного класса. Для мезоформ рельефа близкая по смыслу и виду (парабола) зависимость между H и B выявлена, по графической интерпретации, Е.П. Емельяновой (1972), рассматривающей ее как "основу сравнительного метода при оценке общей устойчивости склонов". Принципиальная сущность, граничные условия и допущения метода заключаются в следующем. Цикличность оползневых процессов рассматривается как от-

ражение воздействия на энергетические поля экзогеосистем солнечной активности и лунно-солнечного притяжения. Воздействия происходят через мобильные параметры природной обстановки: климато-гидрологические, неотектонические, геомагнитные и геоэлектрические поля; при изменении напряжений в блоках склонов, связанных с вариациями ротационных сил. В итоге воздействия носят избирательно-резонансный характер для масс прибрежных блоков пород, находящихся в предельно равновесном состоянии. При этом общий ход оползневой процесса во времени не понимается нами как уникальный. Подчиняясь законам денудации, развитие форм рельефа, активно преобразуемых обвально-оползневыми и, в частности, сейсмогравитационными проявлениями, осуществляется в органической взаимосвязи с общим процессом образования и развития геосферы Земли. Следовательно, оно связано с тенденцией к регулярному режиму, литолого-структурной этажностью склоновой изостазии, а также подчинено планетарной закономерности квантования геологического пространства на классы геологических тел со сходными соотношениями геометрических параметров (т.е. классы масс с подобием геотформ). Последней закономерностью, в частности, очерчиваются граничные условия работы метода. В морфометрических рядах, объединяющих геотформы планеты [9, 10] от песчаной ряби с размерами $H = 1-3 \text{ см}^2$ до макротектонических структур с $H = (1-3) 10^{17} \text{ см}^2$ рассмотренные выше мезотформы (береговые блоки) почти полностью относятся к X порядку, т.е. к одной лишь подсистеме в иерархической структуре геопространства. Отсюда, действительность сравнения склонов - аналогов определяется различием масс (задействованным в подсистеме объемным силам) не более, чем на порядок. Следует отметить, что геометрическое подобие форм различного порядка объясняется также эффектами природных давлений и тенденций к изостатическому равновесию; оно поддерживается частично общими свойствами элементов склонов и некоторыми постоянными свойствами горных пород (углы естественного откоса, скальвания и т.д. Важнейшими считаются и суммарное влияние на земную литосферу лунно-солнечного притяжения, колебания климатических показателей, изменения под действием эндо- и экзогенных процессов ротационного режима Земли. Особо следует выделять ротационный фактор. Известно (Стовас, 1959), что ротационно-пульсационные явления Земли, связанные с активностью Солнца, изменяют потенциал широтных деформирующих сил на величину в 30 - 60 кгсм/с, т.е. относятся к весьма действенным факторам. Приведенные обстоятельства позволяют полагать: 1) квазистационарность полей напряжений склонов - элементов геодинамической системы - определяется, прежде всего, зависимостью поля локальных гравитационных сил от общего гравитационного поля Земли, постоянно взаимодействующего с полями космогеофизического фона, 2) Важнейшими факторами воздействия на состояние элементов являются солнечные ($S = 11,18 \text{ лет}$), лунно-солнечный ($N = 18,6 \text{ лет}$) и чандлеровый ($Z = 1,242 \text{ года}$) циклы. Однако в структуре операций расчета T достаточно использовать два из них (S и Z) т.к. S и N находятся в простых кратных отношениях с Z и между собой: $S/Z = 9$ и $(N - S) / Z = 6$.

Ниже приводятся примеры расчета T методом аналогий. Межбалочные блоки побережья моря у Одессы Ia, I, II, III, IV имеют соответственно, H (м) = 32-53-41-46-44; L (км) = 1,1 - 7,4-1,75 - 2,75 - 6,45 и $V = (10^3 \text{ м}) = 35,2 - 392,2 - 71,8 - 126,5 - 283, 6$. На участке Ia крупные оползни происходили: в 1820 и 1821 гг.; следующие этапы активизации оползневых подвижек фиксированы в 1889-1894 гг. и, отдельные подвижки - в 1963-1969 гг. [3]. Период T определяется здесь в 73-75 лет. В приосевой зоне водораздела между балками Кангуна и Аркадийской (участок 1) оползни фиксированы в годы: 1820-1840-1861-1874-1893-1912-1934-1945-1963-1964 [I], что определяет $T = 18 \pm 2$ года. Аналогично, для блоков, II, III и IV ряды оползней: 1848-1849 - 1912-1968 гг.; 1832-1859-1900-1918-1954 гг.; 1827/1855-1882-1912-1935-1964 гг. определяют среднемноголетние периоды $T = 60, 35$ и 28 лет, соответственно.

Участки удовлетворяют условиям общегеологического подобия, расположены в одной структурно-тектонической зоне; относятся практически к одному классу мезотформ рельефа; все они сложены осадочными ("рыхлыми") породами верхнего кайнозоя; для всех характерны активные абразионно-эрозионные процессы; одинаково время наблюдений за рядами оползней.

Для взаиморасчетов T блоков Ia - IV используем зависимости (3) и (4). Для при-

мера оценим T_1 по данным блоков II, III, IV. По (4) для пар блоков I-II; I-III; I-IV получим три выражения для расчета "k" (а, б, в):

(а) $71,8:392,2 = (11,2 : k + 1,242) : 10$. Откуда $k = 11,2 : (1,831 - 1,242) = 19$, и далее, по (3), $T_1 = 60 : (19 \times 0,183) = 17,3$ лет.

(б) $126,5:392,2 = 0,225$. Откуда $k = 11,2 : (3,225 - 1,242) = 6$, далее $T_1 = 35 : (6 \times 0,3225) = 18,1$ лет.

(в) $283,6:392,2 = 0,7231$; $k = 11,2 : (7,231 - 1,242) = 2$, $T = 28 : (2 \times 0,723) = 19,2$.

Среднее теоретическое $T_1 = (17,3 + 18,1 + 19,2) : 3 = 18,2$ лет.

Сходным образом для серий пар блоков II-I; II-III; II-IV и III-I; III-II; III-IV, а также IV-I; IV-II; IV-III, по (4), имеем для расчетов T_{II} , T_{III} и T_{IV} ряды "k" 19, 3, 8, 6, 3, 3, а также 2, 8, 3 и далее, по (3), имеем ряды теоретических значений (лет) для $T_{II} = 62,6, 59,5, 55,8$ (в среднем 59,3); $T_{III} = 34,8, 35, 36,8$ (в среднем 35,5); $T_{IV} = 26,1, 29,6, 26,2$ (в среднем 27,3). Результаты свидетельствуют о высокой сходимости фактических и теоретических данных расчетов T.

Для блока Ia расчет T возможен, по условиям предельных отношений ω , лишь в сравнении с блоками II и III. В этих случаях $T_{Ia} = 88$ и 68 годам (в среднем 78 лет), что вполне сопоставимо с фактическими данными. Результаты расчетов и пространственно-временные особенности оползневой процесса использованы при инженерно-геологической типизации оползневых склонов Одесского побережья.

С помощью лабораторного моделирования изучались вопросы, связанные с оценкой напряженного состояния и устойчивости: 1) влияние формы склона и его крутизны; 2) роль геологической неоднородности массива пород; 3) роль напорных вод в линзах песка в толще мзотиса; 4) размыв берегового уступа; 5) оценка эффективности противооползневых сооружений. Использовались методы: тензометрической сетки, фотоупругости, эквивалентных материалов. Первыми методами изучены поля распределения вертикальных (σ_z), горизонтальных (σ_y) и касательных напряжений (τ_{zy}) для двух моделируемых состояний склонов - до и после осуществления противооползневых мероприятий, т.е. мероприятия должны вести к существенному изменению общей картины распределения напряжений и уменьшению их абсолютной величины в зонах концентрации, в породах склона. Так, σ_z в слое (б) теоретически уменьшается с 0,4 до 0,3 МПа. Зоны концентрации горизонтальных напряжений (растяжение у бровки склона и трещины закола, а также в средней части оползневого склона; сжатие - под слоем известняка в основании склона и в районе формирования вала выдавливания) сохраняются, но максимальные их значения и площади распространения сокращаются в 1,5 - 2 раза. Аналогично, абсолютные значения τ_{zy} при уполаживании с 17° до $11^\circ 20'$ заметно снизились. Максимальные τ_{zy} на поверхности смещения уменьшились с 0,2 до 0,1 - 0,15 МПа. В слое известняка в склоне, находящимся в предельном равновесии, отмечена зона концентрации τ_{zy} со значениями до 0,3 МПа, снизившимися, при учете мероприятий, в два раза. Также в два раза с 0,1 до 0,05 МПа уменьшились τ_{zy} в нижней части оползневого склона, в районе формирования вала выдавливания и берегового обрыва.

Динамика напряжений в процессе развития оползневого смещения исследована на модели из эквивалентных материалов с использованием тензодатчиков. Масштаб моделей 1: 125. Взвешивающее давление напорных вод воспроизведено с помощью пневматических воздушных подушек. Материалами для изготовления модели служили смеси мелкого песка и слюды и вяжущие составляющие. На моделях из эквивалентных материалов рассмотрены 4 состояния устойчивости склонов: 1) при условиях предельного равновесия; 2) состояние после оползня, характеризуемое смещением берегового уступа в сторону моря на 15-20 м, уменьшением крутизны с 17° до $14^\circ 50'$, что равноценно пригрузке в нижней части склона примерно в 200 т на погонный метр берега. 3) С учетом срезки и планировки склона и устройства контрбанкета (уменьшение крутизны до 13°). 4) С учетом создания пляжа шириной 40 м, что равноценно дополнительной пригрузке 200 т/погонный метр и уменьшению крутизны склона до $10^\circ 20'$.

Данные моделирования способствовали выбору расчетного метода определения устойчивости склона - использованию отношения величин максимальных τ_{zy} и показателей сопротивления грунтов сдвигу. Итоговые результаты лабораторного моделирования и расчетов:

1. Уменьшение крутизны склона с 17° до $11^{\circ}20'$ в сочетании с устройством контрбанкета и пляжа объемом до 230 м^3 грунта на 1 погонный метр берега увеличивают устойчивость склона в сравнении с состоянием его предельного равновесия на 20–25%. 2. Увеличение коэффициента устойчивости склонов путем мероприятий более чем на 1,25 в условиях г. Одессы нецелесообразно и не оправдано экономически из-за больших объемов срезки, планировки, сноса существующих застроек, а также необходимости строительства пляжеудерживающих гидротехнических сооружений на больших глубинах. 3. Дополнительное увеличение устойчивости склона может быть достигнуто в результате искусственного повышения прочности пород в зонах глубинной ползучести, слоях известняка и в прослоях с низкой прочностью.

Исходя из особенностей природной обстановки побережья и механизма одесских оползней, были запроектированы и осуществлены на практике четыре основные группы мероприятий: защиты:

1. Ликвидация размыва берегового уступа волноприбоем путем устройства искусственных пляжей и пляжеудерживающих сооружений. На расстоянии 100–120 м от уреза построены подводные волноломы, погруженные гребневой частью на 0,6 м ниже уреза моря. Такое расположение волноломов предупреждает их деформации от возможного формирования вала выдавливания и позволяет рационально пригрузить район выпора искусственным пляжем. Волноломы обеспечивают частичное погашение энергии волн и призваны удерживать песок пляжей. Для тех же целей акватория между волноломами перегороджена нормальными к берегу сооружениями – траверсами. Пляжи в основном надводные, шириной до 40 м и высотой до 2 м над уровнем моря. Прибрежная отмель между урезом моря и волноломом покрыта слоем песка мощностью 0,5 – 1,0 м. На участках приглубых берегов, где создание волноломов неэкономично, построены волноотбойные стены распластанного профиля – рисбермы со ступенчатыми бермами. Ширина склона за счет искусственных пляжей увеличилась на 30–40 м (на 10–30% от первоначальной), что изменило крутизну склона на $1,5\text{--}2^{\circ}$. На участках побережья с проявлениями оползневой процесса в период строительства были построены подпорные стены на искусственном пляже с созданием застенного грунтового контрбанкета объемом от 60 до 100 м^3 на 1 погонный метр протяженности опасной зоны. На относительно спокойной в гидрологическом отношении части побережья – южнее мыса Большой Фонтан – количество траверсов и волноломов сокращено, а сам мыс – участок изменения гидрологической обстановки – защищен берегоукреплениями типа рисбермы и наброской из железобетонных блоков.

2. Уменьшение величин скальвающих напряжений в породах оползневой склона путем срезки вертикальной части берегового обрыва, планировки склонов и устройства набережных – контрфорсов. Согласно выполненным на базе моделирования расчетам, оптимальной являлась крутизна откосов в 13° . На значительной части побережья это обеспечивалось планировочными работами. В тех же случаях, когда по условиям застроенности побережья объемы срезки были меньше оптимальных, расширялась пляжевая зона и усиливалась различными способами ее пригрузки.

Перехват и организованный отвод в море подземных вод понтического водоносного горизонта выполнены с помощью дренажных галерей и водоотводящих штолен. Галереи совершенные, либо полусовершенные, и пройдены на расстоянии 100–150 м от бровки оползневой склона вглубь плато, что предотвращало водонасыщение и снижение прочности меотических глин склона в зоне максимальных вертикальных напряжений, а также способствовало устойчивости самих галерей. Галереи – круглого сечения, диаметром 2,2 м, закреплены либо полностью (четырьмя железобетонными тубингами), либо, при прочной кровле, лишь в нижней половине – двумя тубингами. Вода поступает сквозь специальные прорезы. Для гидроизоляции используется цементный тампонаж и учитывается способность меотических глин к набуханию. Водосборные штольни устроены примерно через 1 км в местах естественного понижения водоупора. При аварии одной из штолен вода каптируется соседней.

Понижение вод четвертичного водоносного горизонта на участке 1-й очереди защиты в порядке эксперимента осуществлялось со сбросом в дренажную галерею 180 вертикальными дренажными скважинами с интервалом между ними в 20 м (позднее сеть сгущалась до 10 м). Скважины диаметром 506 мм; фильтровая колонна в три дюйма обо-

рудована щелевыми отверстиями со скважностью 10%, обсыпка фильтра трехслойная: гравий – гравий – песок (фракции 8 – 12 – 1,5 – 3,5 – 0,3 – 0,5 мм). На других участках вместо вертикального дренажа использован горизонтальный, осуществляемый с помощью совершенных дренажных канав. Для закрепления срезанных поверхностей склонов и предотвращения эрозии и инфильтрации атмосферных осадков осуществлено строительство нагорных лотков, перепадов, быстротоков, водобойных колодцев. Кроме того, выполнены дернование, лесонасаждение, а также травосеяние по искусственному чернозему, удерживаемому на откосах с помощью машин. Иллюстрацией объемов выполненных работ по защите г. Одессы от оползней может служить табл. 10.1, содержащая в качестве примера данные по участку 1, между балками Кангуна и Аркадийской.

Таблица 10.1

Объемы выполненных противооползневых сооружений на экспериментальном участке (1-й очереди защиты)

Мероприятия	Объемы работ	Мероприятия	Объемы работ
Волноломы	5140 пог.м	Шахтные стволы	232 пог. м
Рисбермы	556 пог.м	Дренажные скважины	195 шт
Траверсы и буны	2420 пог.м	Горизонтальный дренаж	1360 пог.м.
Намыв песка	516 т/м ²	Срезка склонов	553 м ³
Дренажные галереи	3970 пог.м	Ливневая канализация	7,2 км
Штольни	1756 пог.м.	Озеленение склонов	26 га
		Подпорные стенки	128 пог.м

Эффективность защиты от оползней рассматривалась как для каждого из видов сооружений, так и для комплекса их в целом. Степень надежности сооружений волноломов и траверсов определялась по их способности удерживать искусственные пляжи; эффективность срезки, планировки и контрбанкетов – по проявлениям деформаций после мероприятий; подземного дренажа – по осушающему влиянию. Эффективность мероприятий в целом определялась комплексным анализом натурального моделирования, включавшего сопоставление величин и характера деформаций с объемами мероприятий в целом. Кроме того, рассмотрены изменения энергии протекания оползневого процесса по циклам его активизации. Анализ более чем 10-летней эксплуатации противооползневых сооружений выявил по группам мероприятий следующее:

1) В бассейнах, отгороженных подводными волноломами, при штормах высоты волн снижаются в 1,5 – 2 раза, но возникают градиентные течения из-за денивилиации уровней, со скоростями до 1,15 – 1,2 м/с. Волны небольших высот (0,5 м) практически не деформируются. В связи с течениями и волновой обстановкой происходят изменения в литоморфодинамике морской прибрежной акватории: взаимодействуют продольное и поперечное перемещения песка автономно для каждого искусственного пляжа. Кроме того, в отличие от естественных условий, за счет вдольберегового потока наносов происходит пополнение пляжей, расположенных по ходу господствующего переноса. В суммарных перемещениях пляжи обретают трапециевидную форму с отношением длин флангов 0,3 – 0,5. Изменение формы пляжей, согласно расчетам по модифицированной формуле Терцаги-Маслова, снижает коэффициент устойчивости (K_y) склонов при укороченных пляжах на величину 0,04 – 0,06, а при штормовом размыве – до 0,10.

2) Планировочные и контрбанкетные укрепления склонов носят целиком позитивный характер: создана устойчивая морфология склонов, и значительно снижено перенапряженное состояние пород. Локальные их недочеты вызваны невозможностью принятия опти-

мальных решений в связи с существующей застроенностью берегов. На таких участках имеют место остаточные оползневые явления. В отдельных случаях, в местах выхода на склон вод четвертичного горизонта, работы по созданию устойчивого профиля оказались усложненными: происходило скопление грунтовых вод в допланировочных понижениях оползневого рельефа, заполненных рыхлыми перемещенными грунтами и возникли очаги слабых водонасыщенных грунтов и гравитационная неоднородность по простиранию склона. В результате потребовалось введение дополнительного горизонтального каптажа. Местами положение выправилось внедрением растительного дренажа.

3) Дренаж вод в понтических известняках с помощью галерей оказался весьма эффективным. Предотвращено активное увлажнение пластичных глин в основании склона, ликвидированы связанные с ним гидростатическое и гидродинамическое давление, карстообразующее и суффозионное воздействие на породы склона. Существенным изменением в условиях фильтрации этого горизонта являлось то, что оползневая зона практически полностью изолирована от замачивания его водами. Однако вертикальный дренаж водоносного горизонта четвертичных отложений оказался малоэффективным. Его резервные мощности не могли перекрыть интенсивность поступления грунтовых вод к берегу, связанного с процессом самоподтопления одесской городской территории. Кроме того, мероприятия усложнялись факторами кальматации фильтрационных систем. В результате более половины расхода горизонта разгружалось на спланированной террасе, минуя фильтровзавесу. Радиус влияния завесы – не более 110 м, понижение уровня в ее зоне – в пределах 2,5 м, причем сохранилась и амплитуда сезонных колебаний.

4) Общий эффект мероприятий по одерновке и организации стока оценивается как весьма благоприятные хотя и не без некоторых осложнений. Так, на участках древесно-насаждений существует опасность повышения во времени активной пористости за счет корневой системы отмирающих деревьев, что может привести к росту вертикальной инфильтрации и снижению прочности грунта в массиве. Кроме того, в районах срезки толщ лессовых пород непосредственно под одерновкой могут оказаться вскрытыми рыхлые слои лессов, способные резко при замачивании терять свою прочность. Ранее эти слои, в естественном залегании, были экранированы от инфильтрации более плотными грунтами. На этих участках задача сохранения сплошности дерна требует повышенного внимания.

Анализ инженерно-геологической обстановки на защищенном побережье позволяет сделать заключение о высокой общей противооползневой эффективности мероприятий. Отдельные деформации склона имеют место лишь по указанным выше причинам, но могут быть ликвидированы полностью за счет физико-химического закрепления грунтов. Для этих целей рекомендуется применение методик, увеличивающих прочность известняка в 2–3 раза, лигнитизированных и пльвунных прослоев в толще мейтиса – в 7–10 раз, а также методик закрепления тиксотропных рыхлых прослоев в лессовой толще. Имеет значение и соблюдение очередности внедрения мероприятий в природную обстановку: создание пляжа и подпорных стен – дренажные сооружения – срезка и планировка.

Важное значение для понимания эффективности комплекса мероприятий имеет фактор оптимума времени внедрения мероприятий в развивающуюся по своим законам природную среду, учет пространственно-временного хода оползневого процесса. Как указывалось, природный цикл активизации оползневой эрозии для блока побережья между балками Кангуна и Аркадийская варьирует от 18 до 36 лет в направлении от водораздела к периферии блока, причем ход процесса близок синусоидальному. В этом плане в районе осевой части блока начало строительства комплекса было оптимальным, так как последняя активизация оползневого процесса происходила в 1965–1966 гг. Аналогичный анализ позволяет считать оптимальным и время внедрения сооружений в исторически развивающуюся оползневую зону южнее водораздела – до балки Аркадийской. Здесь после 1968 г. имели место лишь небольшие остаточные деформации склонов, не требовавшие контрбанкетных работ.

Однако на побережье от участка Отрада (водораздельная зона) к балке Кангуна на ряде площадей, где прогнозировалась активизация оползней на 1969–1972–1974 гг. (рис. 10.1), имели место объемные деформации, потребовавшие энергичных мер по дополнительному строительству контрбанкетов, которыми и было предотвращено развитие более крупных нарушений устойчивости склонов.

В заключение отметим, что защита г. Одессы от оползней – это осуществленный в бетоне результат крупномасштабных и трудоемких усилий и решений по профилактике сложного многофакторного природного процесса, воплощение теоретических, методических и инженерных разработок, многие из которых носят пионерный и поисковый характер. Выполненными мероприятиями эффективно снижено развитие оползневой процесса и созданы условия для полного затухания оползневой эрозии во времени.

Литература

1. Баландин Ю.Г. О некоторых закономерностях развития оползней на Одесском побережье в пространстве и во времени. *Материалы Средне-азиатск. совещания по вопр. изучения оползней и мер борьбы с ними*. "Гидрогеология и инженерн. геология аридной зоны СССР", Душанбе: Дониш, 1968, вып. 12, с. 65-72.
2. Баландин Ю.Г. О способах анализа периодичного проявления оползней. "Тезисы докл. на Всесоюз. семин. по применению геофиз. и математ. методов в гидрогеологии и инженерн. геологии". Ташкент: Ред.-издат. отдел "Гидроингео", 1973, с. 64-65.
3. Баландин Ю.Г., Додин В.В., Пономаренко В.В. Анализ развития во времени оползневой процесса на участке Одесского городского побережья с комплексом противооползневых сооружений. "Оползни и борьба с ними". Кишинев: Штиинца, 1974, с. 90-98.
4. Баландин Ю.Г. К теории регионального прогнозирования оползневых процессов на берегах сибирских водохранилищ. "Берега водохранилищ". Иркутск: Изд-во СО АН СССР, 1980, с. 78-80.
5. Зелинский И.П. Опыт изучения эффективности противооползневых сооружений в Одессе и его значение для оценки инженерно-геологических условий береговых склонов. "Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР". Киев: Изд-во Киев. ун-та, 1967, вып. 1, с. 122-129.
6. Зелинский И.П. Изучение эффективности противооползневых мероприятий методами лабораторного моделирования напряженного состояния пород склонов. *Бюллетень МОИП, отдел геолог.*, 1970, № 3, с. 53-57.
7. Зелинский И.П., Грыза А.А., Смирнов Р.А. Результат применения вертикального дренажа в противооползневом строительстве на побережье г. Одессы. "Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР". Киев: Изд-во Киев. ун-та, 1970, вып. 4, с. 115-122.
8. Зелинский И.П. Оползни северо-западного Причерноморья и противооползневые сооружения. "Природа Одесской области". Киев: Вища школа, 1979, с. 61-64.
9. Кайё А., Трикар Ж. Проблемы классификации геоморфологических явлений. "Вопросы климатологии и структурн. геоморфологии". М.: Изд-во ИЛ, 1959, с. 55-68.
10. Пиотровский В.В. Морфометрический ряд форм рельефа и тектонических структур. "Вопросы географии", 1963, вып. 63, с. 12-18.
11. Шешеня Н.Л. Методические рекомендации по инженерно-геологической типизации оползневых склонов. М.: Ред.-издат. отдел ПНИИИС, 1982, 30 с.
12. Шуйский Ю.Д., Додин В.В., Кисселис А.В., Пономаренко В.В. Эффективность противооползневых сооружений и береговые процессы на защищенном участке Одесского взморья. "Тез. докл. Всесоюзн. конф. по инженерной геологии". Л., 1976, с. 21-25.
13. Balandin Ju.G., Zelinsky J.P. Theoretical aspects of complex modelling for regional prognosis of landslide processes on the Banks of natural and artificial Basins. 4th International Congress, International Association of Engineering Geology. Vol. 7, Thema 4, Engineering geological problems of natural and man-made lakes, VII-73-VII-82.

ПРОТИВООПОЛЗНЕВАЯ ЗАЩИТА г. УЛЬЯНОВСКА

В районе г. Ульяновска оползни распространены по правобережью Волги на волжском и свияжском береговых склонах, а также на склонах отдельных оврагов, имеющих на поверхности Волго-Свияжского водораздела. Борьба с оползнями ведется здесь с начала текущего столетия. Противооползневые мероприятия выполнялись, в основном, на волжском склоне; на свияжском склоне и в оврагах Волго-Свияжского водораздела они проводились в малых объемах на отдельных, небольших по площади участках. В связи с этим обстоятельством ниже анализируется только представляющий наибольший интерес опыт противооползневой защиты, осуществленной на правом береговом склоне Волги в пределах территории Ульяновска.

Рассматриваемый правобережный волжский склон является оползневый и достигает высоты 190 м над прежним меженным урезом Волги. В северной части Ульяновска у основания этого склона проходит основное русло Волги. Против центра города и ниже по течению реки к подошве склона примыкают речные террасы – первая надпойменная и пойменная. С 1957 г. после наполнения Куйбышевского водохранилища и повышения уреза Волги на 21 м эти террасы и нижняя часть склона оказались затопленными. Коренной массив волжского склона образован преимущественно породами нижнемеловой системы – (готеривский, барремский, аптский и альбский ярусы (рис. 11.1). Нижнемеловая толща сложена в основном, глинами с отдельными слоями песков мощностью 1–3 м каждый, в средней части аптского яруса имеется так называемая “ аптская плита ” мощностью около 4 м – слой сланцеватой глины с прослоем окремненного мергеля. На поверхности склона коренные породы перекрыты оползневыми накоплениями, представленными двумя литологическими разностями, – перематыми глинами и смещенными блоками нижнемеловых отложений. Возраст оползневых накоплений современный, на участке примыкания склона к первой надпойменной террасе – верхнеплейстоценово-современный. Горизонты подземных вод имеются в нижнемеловой толще в слоях песков (один – в приподошвенной части барремского яруса; три – в альбском ярусе) и в аптской плите, а также в мергелях верхнемелового возраста и в оползневых накоплениях. На волжском склоне отмечались оползни двух типов – блоковые (в основном оползни скольжения) и вязкопластические (оползни-потоки и сплывы). Наиболее распространены вязкопластические оползни, но изредка возникающие оползни блокового типа достигают внушительных размеров. Наибольшие из них наблюдались в 1902, 1915 и 1955 гг. и имели объем соответственно 1 млн., 20 млн. и 4 млн. м³. После создания водохранилища началась прогрессирующая активизация оползней на всех участках берега, не защищенных от размыва. Наиболее интенсивно проявлялись те оползни-потоки и относительно небольшие оползни блокового типа, языковые части которых размывались водохранилищем.

Борьба с оползнями волжского склона выполнялась преимущественно в связи с устройством и эксплуатацией железной дороги, проходящей по склону на участке от Киндяковской выемки до левого борта оползня 1955 г. (рис. 11.2) и при проведении автомобильных дорог. В больших объемах противооползневые работы проводились также одновременно с осуществлением противообразающей защиты берега водохранилища (1955–1968 гг.) и при устройстве парковой зоны против Мемориального центра В.И. Ленина (1969–71 гг.). Наконец, некоторые противооползневые мероприятия (в основном простейшие) выполнялись на расположенных в пределах склона территориях городского парка (к югу от пл. Ленина) и садовых участков (в полосе от Пролетарского спуска до левого борта Слободского спуска). Противооползневая защита проведена с использованием следующих сооружений – дренажных, водоотводных, водопропускных, берегоукрепительных (противообразающих), производились также планировка рельефа и контрбанкеты. Из дренажных сооружений в Ульяновске применялись дренажные галереи (штольни), дренажи мелкого заложения, откосный дренаж и дренажно-водоотводные канавы. Дренажные галереи, имеющие большую суммарную протяженность (см. рис. 11.2), сооружались с целью перехвата аптского и барремского водоносных горизонтов, а так-

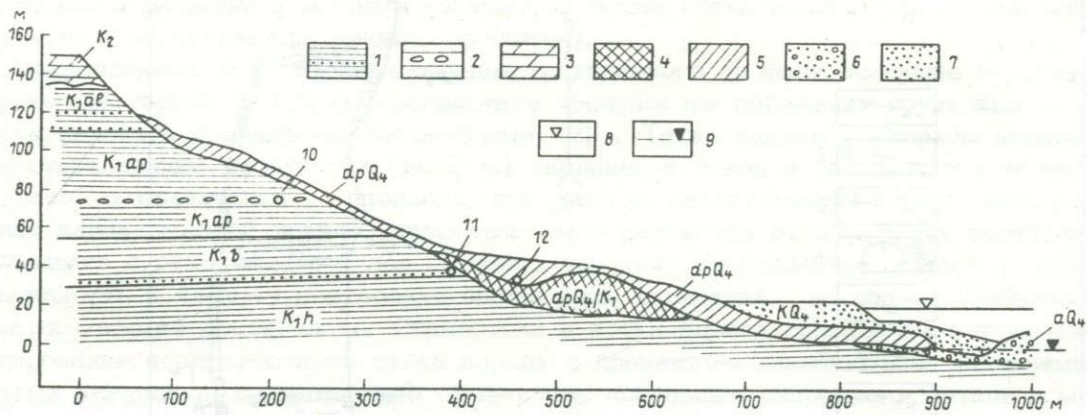


Рис. 11.1. Геологический разрез волжского склона в г. Ульяновске (через участок оползня 1955 г.) 1 - нижнемеловые глины с отдельными слоями песков (K_{1h} - готерив, K_{1b} - баррем, K_{1ap} - апт, K_{1a1} - альб); 2 - сланцеватые глины с прослоем окремненного мергеля ("аптская плита"); 3 - верхнемеловые мергели; 4,5 - современные оползневые накопления (4 - смещенные блоки нижнемеловых пород; 5 - перемятые оползневые глины); 6 - современные аллювиальные отложения (пески с гравием и галькой); 7 - грунты контрбанкета (пески); 8 - уровень водохранилища; 9 - прежний меженный уровень протоки Волги; 10 - 12 - дренажные галереи (10 - в аптском водоносном горизонте, 11 - в барремском водоносном горизонте, 12 - в оползневых накоплениях).

же горизонта в оползневых накоплениях. Высота внутреннего сечения этих галерей 1,7 м. Они оборудованы бетонным креплением из сборных блоков, снабженных дренажными отверстиями. Контакт между креплением и массивом породы забутован камнем. Противооползневое воздействие дренажных галерей было преимущественно незначительным и неодинаковым на разных участках. Из-за малого значения аптского и барремского водоносного горизонтов в общем водном балансе склона заложенные в них дренажные галереи не оказали заметного влияния на стабилизацию склона. В частности, эти галереи не смогли предотвратить оползень 1955 г., причем галерея в барремском горизонте на отдельных участках была деформирована при развитии этого оползня. Определенную роль в снижении обводненности и увеличении стабильности склона сыграла лишь галерея в аптском горизонте, находящаяся к югу от Минаевского спуска, где данный горизонт относительно водообилен [3]. Галереи в оползневых накоплениях оказали несомненный стабилизирующий эффект на отдельных наиболее водообильных участках горизонта, заключенного в этих накоплениях, а именно на участках севернее Минаевского спуска ("кольцевая штольня") и южнее Стрижева оврага. После устройства "кольцевой штольни" полностью прекратились деформации земляного полотна, ранее резко осложнявшие здесь эксплуатацию железной дороги [3].

Из дренажей мелкого заложения, глубина которых достигала 6 м, при наиболее частых значениях 2-2,5 м, на волжском склоне использовались хворостяные дренажи и (закладывались в первую половину текущего столетия) дренажные прорезы. Когда дренажи мелкого заложения сооружались на приостановившихся оползнях за контактами активных оползней на склонах, близких к уровню подошвы перемятых оползневых накоплений, они оказывались удачным средством против вязкопластических и неглубоких блоковых оползней. Однако срок службы хворостяных дренажей невелик - примерно пять лет, после чего они сгнивают и выходят из строя. В ряде случаев относительно быстро кольматировались и резко снижали осушающее воздействие и дренажные прорезы, представляющие собой керамические трубы с фильтрующей обсыпкой. Так, к югу от Минаевского спуска, где отмечается повышенная минерализация подземных вод, дебит прорезей уже на третий год эксплуатации снижался в 1,5 - 2,2 раза. В то же время известны примеры удачной работы дренажных прорезей в течение 10 и более лет.

Откосный (прислоненный) дренаж применен только на единственном участке склона -

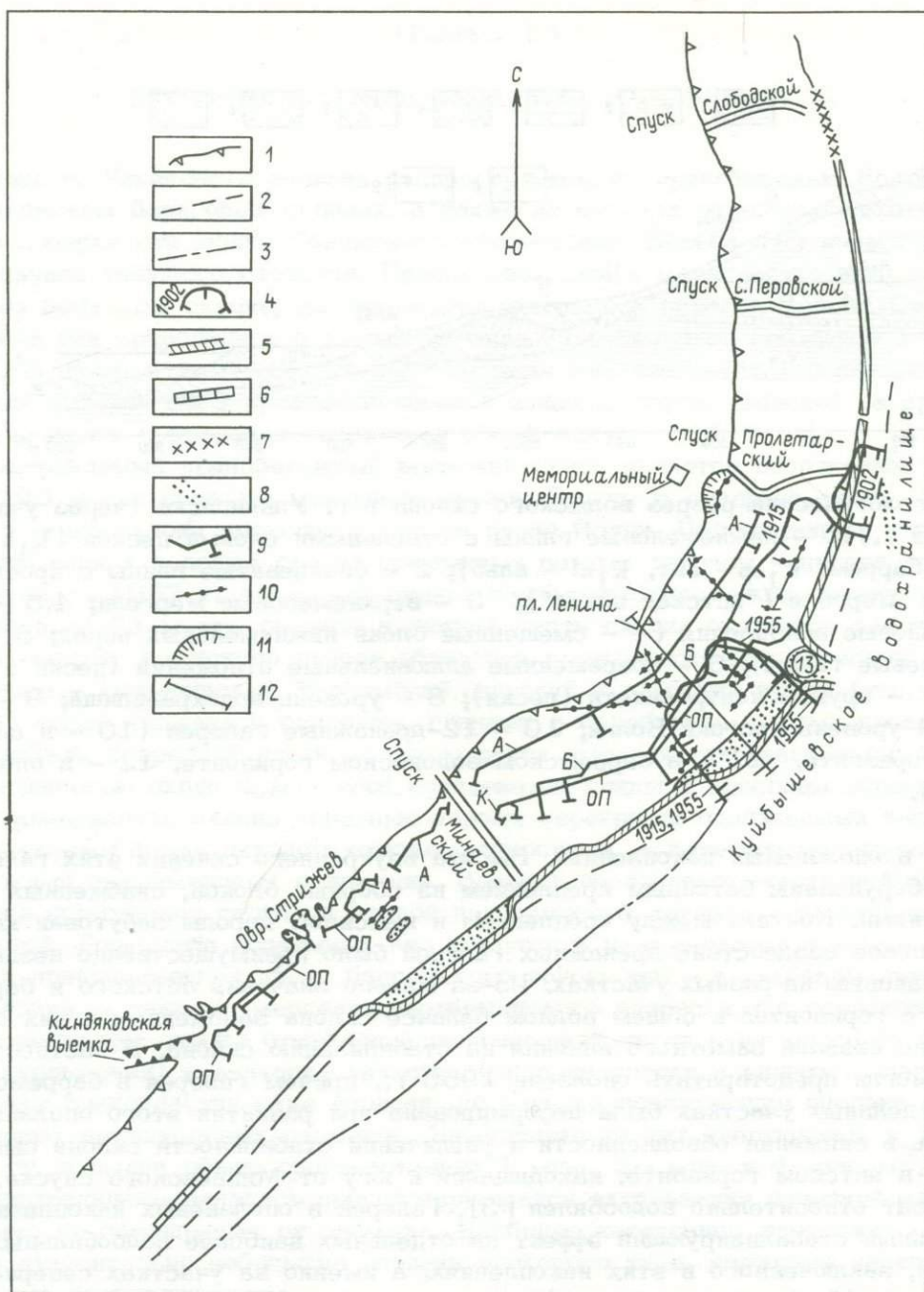


Рис. 11.2. Схема расположения противооползневых сооружений на склоне берега Волги в Ульяновске. 1 - бровка волжского склона, 2 и 3 - положение нижнего края склона (2) и контур первой надпойменной террасы (3) в пределах акватории водохранилища, 4 - контуры и годы образования крупных блоковых оползней, 5 - откосное крепление берега водохранилища, 6 - волноотбойные стены, 7 - стенка - волнолом из тетраподов, 8 - струенакопляющая дамба (затоплена водохранилищем), 9 - дренажные галереи (штольни) и водовыпуски из них, 10 - дренажи мелкого заложения, 11 - контрбанкет, 12 - линия геологического разреза (см. рис. 11.1), 13 - контрбанкет 1915 г.; А - дренажные галереи в аптском водоносном горизонте, Б - галерея в барремском горизонте, ОП - галереи в оползневых накоплениях, К - "кольцевая штольня" оползневых накоплениях

у Мемориального центра в месте выхода верховодки, разгружающегося на поверхности спланированного приречного уступа. Устройство откосного дренажа устранило условия для образования неглубоких смещений почвенного слоя, наблюдавшихся здесь ранее. Во-

доотводные сооружения включали некрепленные каналы, ливнеотстоки (бетонные лотки жесткой конструкции и мощные каналы), а также лотки-дороги (представляющие собой мощение с вогнутым поперечным профилем).

Некрепленные водоотводные каналы треугольного профиля, имевшие глубину до 2 м (преимущественно 1–1,5 м), вследствие неглубокого положения грунтовых вод фактически являлись дренажно-водоотводными [2]. Такие каналы с успехом использовались для стабилизации неглубоких (до 2 м) оползней-потоков и сплывов, в том числе на активно смещающихся оползнях, при условии своевременного предотвращения зарастания канав высокой травой и кустарником и расчистки от локальных скоплений грунта, оплывшего с откосов. На более глубоких оползнях некрепленные каналы уменьшали интенсивность и частоту повторения оползневых смещений, но полная стабилизация оползневых масс не достигалась. Ливнеотстоки и лотки-дороги составляли единую систему регулирования поверхностного стока наряду с дренажно-водоотводными канавками. На крутых уступах рельефа нередко отмечались локальные разрушения лотков и мощеных канав из-за оползневых подвижек и вследствие размыва основания стекающими водами.

Берег водохранилища в Ульяновске защищен от волнового размыва откосным креплением (сооружено перед заполнением водохранилища), а также построенными в период эксплуатации водохранилища волноотбойными стенами и стенкой-волноломом из тетраподов. Все эти берегозащитные сооружения следует считать не только противоэрозийными, но и противооползевыми, так как их наличие устраняет воздействие одного из основных факторов оползнеобразования. Откосное крепление и волноотбойные стены возводились одновременно с устройством узких береговых контрбанкетов, что обеспечило прекращение развития оползней в полосе, окаймляющей с верховой стороны берегозащитные сооружения.

Стенка-волнолом сооружена у Слободского спуска в 1963–1964 гг. и образована тетраподами, уложенными непосредственно на отмель водохранилища. В паузе между стенкой-волноломом и береговым уступом устроен обратный фильтр. Данная стенка длиной более 300 м способствовала стабилизации языковой части оползня-сплыва, захватывавшего ранее береговой уступ. Однако выше по склону после ряда лет временной стабилизации в 1982 г. отмечалось возобновление подвижек этого оползня.

Планировка рельефа склона выполнялась почти исключительно для обеспечения стока поверхностных вод. В целях повышения устойчивости срезка-уположение рельефа произведена на единственном участке против Мемориального центра, где в результате срезки была уменьшена крутизна прирвовочного уступа склона и удален неустойчивый слой рыхлого грунта (насыпного и выветрелого), изменившийся на поверхности этого уступа. Опыт возведения противооползневых контрбанкетов на волжском склоне достаточно поучителен. Своеобразным контрбанкетом являлась струенаправляющая дамба, уложенная в 1912–1914 гг. и примыкавшая к берегу на участке оползня 1902 г. Корень этой дамбы послужил контрфорсом, предохранившим тело оползня 1902 г. от повторного деформирования при развитии оползня 1915 г. В 1915–1916 гг. в пределах территории оползня 1915 г. у устоя моста через Волгу был отсыпан контрбанкет на берегу Чувича – волжской протоки, омывавшей основание склона. До настоящего времени на месте названного контрбанкета оползней не возникало, хотя непосредственно у его южного края образовался крупный оползень 1955 г. Последний был вызван созданием другого контрбанкета, предназначенного для обеспечения устойчивости, проходящей по склону насыпи, но запроектированного с ошибками. Впоследствии объем контрбанкета был увеличен до 1,5 млн. м³ за счет дополнительной отсыпки грунта в нижней части склона и в русле Чувича, благодаря чему оползень 1955 г. в целом был стабилизирован. Однако с началом работ по увеличению высоты насыпи, находящейся у верхнего края контрбанкета, в теле насыпи и ниже по склону начались новые локальные оползневые смещения, не распространявшиеся до прибрежной полосы. В связи с этим у подошвы насыпи был уложен небольшой дополнительный грунтовый контрфорс, после чего деформации в пределах насыпи и участка, примыкающего к ней с низовой стороны постепенно прекратились [3]. Как выявлено последующими исследованиями, ошибки при проектировании рассматриваемого контрбанкета вызваны использованием неточной схемы расчета устойчивости, в которой не учитывалось фильтрационное воздействие подземных вод, заключенных в оползневых накоплениях [4].

Еще один случай возникновения оползневой подвижки вследствие неудачного размеще-

ния контрбанкета наблюдался в 1968 г. в средней части волжского склона вблизи Стрижева оврага. Контрбанкет был отсыпан здесь сначала на головную часть старого оползня, где подошва оползневого тела имела большую крутизну, из-за чего данный оползень начал двигаться [1]. Последующая отсыпка нового контрбанкета на языковую часть оползня позволила стабилизировать рассматриваемый участок.

В заключение можно сделать следующие выводы. Надежная стабилизация оползней на волжском склоне г. Ульяновска достигалась только при создании комплексной противооползневой защиты, включающей регулирование поверхностного стока с использованием дренажей и, в ряде случаев, контрбанкетов; на участках, размываемых водохранилищем, в защитном комплексе необходимы также и берегоукрепительные сооружения. При этом дренажные галереи оказались как, правило, практически бесполезными в противооползневом отношении; существенный положительный эффект наблюдался лишь на отдельных участках, где галереи дренировали сильно обводненные прослои оползневых накоплений. Стабилизация неглубоких вязкопластических оползней обеспечивалась при совместном применении поверхностного водоотвода и дренажей неглубокого заложения, в качестве первоочередного временного мероприятия при борьбе с активными оползнями-потоками и сплывами с успехом использовались некрепленные дренажно-водоотводные каналы.

Наиболее надежным средством борьбы с блоковыми оползнями, возникающими в имеющихся на склоне оползневых накоплениях, являются контрбанкеты. При обосновании проектов закрепления блоковых оползней расчеты устойчивости склонов необходимо выполнять с учетом воздействия фильтрационных сил во всей зоне оползневых накоплений ниже уровня грунтовых вод.

Литература

1. Киселева З.Т. Влияние инженерно-хозяйственной деятельности человека на развитие оползней в г. Ульяновске. "Современ. геолог. процессы и строительство". Труды ПНИИИС, М., 1972, т. 16, с. 215-225
2. Петрова Л.П., Тихвинский И.О., Киселева З.Т. К оценке эффективности противооползневых сооружений в мемориальной зоне г. Ульяновска. "Материалы науч.-техн. конф. Апрель 1969 г., ПНИИИС Госстроя СССР", М., 1969, с. 69-71
3. Рогозин И.С. Оползни Ульяновска и опыт борьбы с ними. М.: Изд-во АН СССР, 1961, 169 с.
4. Тихвинский И.О. О влиянии гидравлических сил на формирование повторных подвижек крупных оползней в г. Ульяновске. "Современные геолог. процессы и строительство". Труды ПНИИИС, М., 1972 т. 16, с. 87-93.

Глава 12

ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТЫ ОТ СЕЛЕЙ В УЗБЕКИСТАНЕ

Предгорные районы Узбекистана периодически подвергаются активному воздействию селей, формирующихся на склонах Чаткало-Кураминского, Алай-Туркестанского и Гиссарского горных узлов. На Узбекистан и смежные с ним районы приходится 2/3 случаев селей из общего числа селевых потоков, отмеченных на юге страны. Всего в Узбекской ССР за неполный столетний период отмечено свыше 2132 случая прохождения селей.

Селевые потоки рассматриваемого региона формируются в различных физико-географических и геологических условиях, характеризуются разнообразием генетических типов и механизма процесса, различной степенью влияния на окружающую среду. Селевые потоки высокогорий и среднегорий являются грязекаменными и водокаменными. Причем, первые развиты, в основном, по боковым притокам главных речных долин, вторые - по главным речным долинам. Грязекаменные сели притоков как бы растекаются в главных речных долинах, в значительной мере теряя присущие им черты. Различные защитные

мероприятия, как правило, обеспечивают безопасный пропуск таких потоков через распределительные и сбросные сооружения. Значительно сложнее обстоит дело с мощными селями во втором случае, когда они проходят по главным речным долинам и характеризуются значительными расходами (800–1500 м³/с). Разгружаясь в зонах активного освоения территории, селевые потоки разрушают ирригационные каналы и дороги, сносят постройки, заносят ценные орошаемые земли. Так, селевыми потоками, прошедшими 29 мая и 12 июня 1977 г. в результате ливневых дождей в бассейне р. Шахимардан, населенным пунктам и полям Ферганской области был нанесен значительный ущерб. Особенно пострадали оросительные каналы, большое количество мелких гидротехнических сооружений. Не менее разрушительные селевые потоки отмечались по Аккапчигасаю в Сурхандарьинской области в 1963 г., когда был разрушен железобетонный акведук на канале Куллкурган, размыто ряд участков высококлассных дорог. Серьезную опасность представляют селевые потоки, формирующиеся в предгорьях и адьрах. Эта территория зоны неогеновой аккумуляции, испытывающая с позднего плицена и в течение плейстоцена поднятия, как бы окаймляет Тянь-Шань в пределах отметок 800–1200 м, и составляет 1/3 горной площади республики. В геоморфологическом плане – это низкие дробнорасчлененные и сводоскладчатые предгорья, интенсивно изрезанные суходолами. Практически все предгорья в весенне-летний период срабатывают как активные селевые водосборы. Селевые потоки, как правило, низкой плотности, с максимальными расходами до 30–40 м³/с, иногда 100–150 м³/с. При выходе на предгорную равнину они разрушают крупные ирригационные каналы, сносят вододелители и акведуки, заиляют ирригационную сеть. Наиболее характерным для селей предгорий является их повсеместность и одновременность сработки, что предопределяет значительные площади разгрузки потоков и сложности осуществления защитных мероприятий. Если учесть, что к предгорным районам примыкают крупные населенные пункты, такие как города Наманган, Андижан, Фергана, а также значительные площади орошаемых массивов, то становится очевидным размах противоселевых работ, который в настоящее время осуществляется в республике по предгорным селеопасным зонам.

В Узбекистане проблеме борьбы с селями постоянно уделялось и уделяется особое внимание. Об этом свидетельствуют современные темпы строительства противоселевых сооружений в Ферганской, Сурхандарьинской и Кашкардарьинской котловинах.

Началом проведения определенных горномелиоративных работ по борьбе с селями в Узбекистане считается 1878 г., когда в бассейне р. Аман-Кутан, расположенном в хребте Кара-Тюбе, в 42 км от г. Самарканда по проекту инженера Н.И. Королькова начали проводиться горнооблесительные работы. В 1894 г. аналогичные работы были начаты на склонах гор в Ферганской долине (долина р. Шахимардан). По проекту С.Ю. Раунера в 1898 г. были начаты лесомелиоративные работы в бассейне р. Ак-Таш (западные отроги Угамского хребта, в 60 км от г. Ташкента). Здесь селевые потоки угрожали головным сооружениям ряда ирригационных каналов, орошавших Ташкентский оазис. Работы носили эпизодический характер и были направлены, в основном, на борьбу со склоновым селевым стоком на отдельных объектах. Отдавая должное данному виду мероприятий борьбы с селями и учитывая накопленный опыт, в республике с 1920 г. приступили к организации специальных горно-селевых лесомелиоративных партий, в функции которых входили как вопросы изучения селевых процессов, так и проведения лесомелиорации. Ферганской партией с 1928 г. проводились склоновые мероприятия в бассейне р. Шахимардан, вначале на участке между Коксаем и Дуговасаем, затем на Пашкаут-Анхорском междуречье. В 1930 г. горно-мелиоративные работы были развернуты соответственно Кашкардарьинской и Наманганской партиями, где, помимо лесомелиорации на склонах, предусматривалось строительство запруд для регулирования руслового стока. Запруды возводились либо на сухой каменной кладке, либо на цементном растворе, но чаще всего применялись габионы. Такие мелкие гидротехнические сооружения и соответствующие фитомелиоративные работы, конечно, не могли ликвидировать селевую опасность территории, но они должным образом ослабили по отдельным бассейнам объем склонового стока. Настоящие работы на современном этапе продолжаются, и в большинстве своем они комплексуются с крупными гидротехническими сооружениями. Работы по дальнейшему подъему народного хозяйства республики, интенсификация сельского хозяйства, в частности хлопководства, освоение новых

предгорных земель, введение в строй крупных промышленных предприятий и гидротехнических сооружений поставило ряд сложных задач в борьбе с разрушительными воздействиями селей. Особое значение приобрели противоселевые работы в районах важных народнохозяйственных объектов, расположенных в зонах влияния селевых бассейнов. В связи с этим в республике стали уделять значительное внимание применению комплекса мероприятий, во главе которых предусматривается строительство сети селехранилищ и селеводохранилищ. Последние позволяют не только осуществить борьбу с селями, но и использовать на орошение часть осветленного селевого стока, ранее безвозвратно терявшегося. Наиболее интенсивно комплексные противоселевые мероприятия в республике начали осуществляться в 60-х годах, уже на базе определенных инженерных изысканий и исследований с учетом особенностей селевых потоков и использованием всего арсенала передовой строительной техники. К этому же времени был разработан ряд расчетных методик и рекомендаций, учитывающих особенности развития селей в данном регионе.

Генеральным проектировщиком противоселевых мероприятий на территории Узбекистана является институт "Узгипроводхоз" Минводхоза Узбекской ССР, где имеются соответствующие изыскательские и проектные подразделения. В процессе соответствующих проектных проработок и строительных работ к настоящему времени завершено осуществление комплексных мероприятий по защите городов Фергана, Наманган, Андижан, Мархамат и ряд других объектов. В связи с тем, что наиболее ощутимый ущерб причиняют селевые потоки, формирующиеся в низкогорных, предгорных и адырных зонах, первостепенное значение придается этим участкам. По целевому назначению все мероприятия можно подразделить на мероприятия по защите земель, городов и промышленных объектов, ирригационных и гидротехнических сооружений. Противоселевая защита, в свою очередь, в зависимости от условий может быть прямого назначения и носить комплексный характер или же сопутствующий, осуществляемой при освоении земель, строительстве каналов, водохранилищ и других гидротехнических сооружений. К мероприятиям прямого назначения можно отнести комплекс в бассейне рек Чирчик, Зерафшан, комплекс на севере Ферганы. Во всех комплексах обязательно предусматривается строительство противоселевых гидротехнических сооружений. Эти сооружения предназначаются для регулирования жидкого и твердого стока, гашения энергии селевых потоков на боковых притоках, борьбы с эрозийным размывом на склонах и в руслах потоков.

По принципу работы защитные сооружения разделяются на следующие типы: 1. Обеспечивающие безопасный транзит селевого паводка (расчистка, обвалование, нагорные каналы); 2. Задерживающие твердую фазу (глухие и сквозные запруды); 3. Стабилизирующие весь объем селевого стока (селеотстойники, котлованные селеуловители, осадочные бассейны); 4. Трансформирующие гидрограф жидкой фазы селевого потока (селехранилища).

Мероприятия по безопасному транзиту селей успешно применяются на реках Наманганской области, здесь же практикуется применение нагорно-сбросных каналов. При достаточно большой мутности селевых паводков (более 3000 кг/м^3) и преобладания в фракционном составе твердой фазы наносов диаметром более 100 мм применяются поперечные запруды. Чаще запруды (барражи) выполняются в виде одиночной, массивной, невысокой каменной плотины. В гребне запруды устраиваются водосливные вырезы, а в теле запруд на различной высоте закладываются сточные отверстия ($0,3 \times 0,8 \text{ м}$), прикрываемые сверху решеткой и дренирующей призмой из крупного камня. Общая высота барражей может достигать 10–15 м. Существенным недостатком глухих запруд является сравнительно быстрое занесение их селеулавливающих емкостей, поэтому в последнее время этот вид запруд стал заменяться сквозными (жесткие или гибкие) запрудами.

На небольших селевых руслах, при объеме селевого стока до 30 тыс. м^3 , практикуется устройство селеотстойников с полной аккумуляцией стока. При объеме стока 80–100 тыс. м^3 и более в практике мероприятий применяются селехранилища. Селехранилища создаются в руслах горных рек путем устройства перегораживающих плотин, для насыпки которых применяются различные грунты, но чаще всего гравийно-галечные с примесью мелкозема. Плотины обычно устраиваются обжатого профиля с заложением откосов: для напорного профиля – 2,5 – 2,75 для низового – 1,75 – 3,0. При этом тип

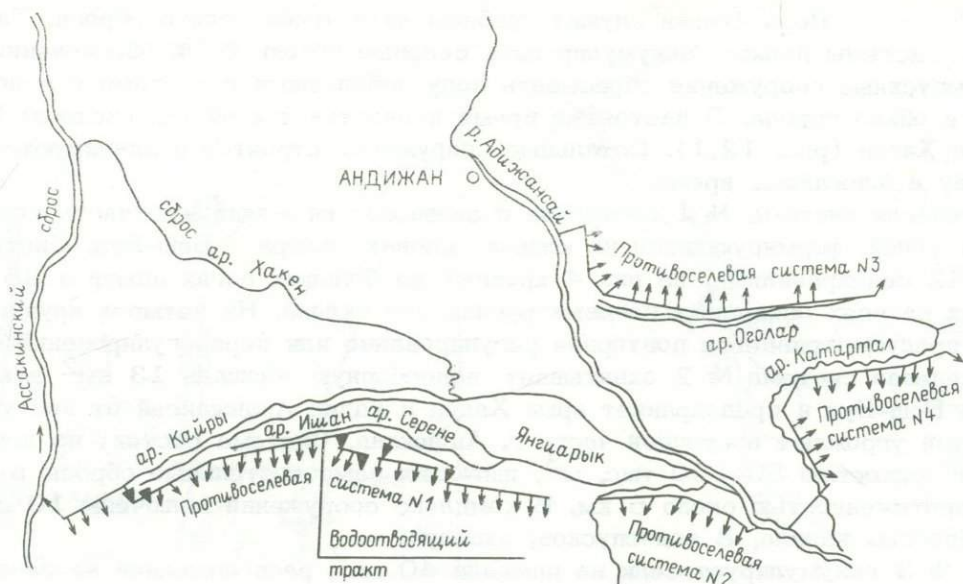


Рис. 12.1. Схема мероприятий по защите г. Андижана от селевых потоков

профиля плотины выбирается исходя из расчета состояния грунтов в основании плотины, мощности и глубины залегания водоупора; при неглубоком залегании водоупора подошву плотины располагают на водоупоре; при залегании водоупора на значительной глубине применяется плотина с зубом. Водовыпуски, закладываемые в теле плотин, предназначены для пропуска селевых расходов в заданный срок по отводящему руслу.

По своему назначению селехранилища могут быть двух типов: локальные и региональные. Обычно на крупных временных водотоках возводятся локальные и отдельные селехранилища с самостоятельными сбросными трактами, такие, как уже действующие Гирванское объемом 3,4, Ирваданское – 1,6, Кызсайское – 0,6, Кандианское – 1,97, Наугарзанское – 1,5 млн. м³. Всего таких селехранилищ в республике построено 15. В случае, если наблюдается серия мощных локализованных очагов формирования селей, что возможно в предгорных зонах широкополосным выведением селей на подгорную равнину, строится серия селехранилищ, объединяемых в единую региональную систему. Примером таких систем могут быть: Андижанская – 4 системы каскада селехранилищ; система Кенимехского района Бухарской области, объединяющая 13 селехранилищ емкостью от 0,15 до 2,6 млн. м³; в эту систему также входит 40 селеперехватывающих дамб на малых водотоках и основной селесбросной тракт длиной в 25 км; противоселевая система Дальверзинской сети объединяет более 50 селехранилищ и 17 сбросных трактов общей протяженностью 27 км. Среди мероприятий по защите крупных населенных пунктов примером может служить противоселевая система г. Андижана. Схема (рис. 12.1) предусматривает защиту не только города, но и прилегающих к нему земель путем устройства специальных систем. В состав схемы вошло четыре противоселевых системы и сбросной тракт – арык Хакен и Андижансай для отвода вод с пониженной части территории, прилегающей к городу. Особенностью противоселевых систем является повторное перерегулирование расходов, поступающих из селехранилища, в водохранилищах на отводящих каналах, что позволяет сбрасывать воду в имеющиеся водоприемники с учетом их пропускной способности. Так, суммарный расход систем № 3 и № 4 может достигнуть 5 м³/с, но после повторного регулирования в Андижансай сбрасывается 5 м³/с, без реконструкции последней. Плотины из гравелистых грунтов содержат 20–30% мелкозема. Для селехранилищ, регулирующих селевой сток в объеме более 100 тыс. м³, применяется водовыпуск башенного типа с вертикальной щелью, по которой вода поступает в трубу под плотиной. На верху башни на отметке максимального уровня воды также предусмотрен сброс. Для селехранилищ объемом менее 100 тыс. м³ в теле земляной плотины устраивается вырез, перекрытый диафрагмой с

вертикальной щелью. Верх стенки служит гребнем катастрофического сброса. Таким образом, все системы должны аккумулировать селевые потоки 0,1% обеспеченности и через водовыпускные сооружения сбрасывать воду небольшими попусками в водоотводящие тракты в обход города. В настоящее время полностью построены системы № 1, № 3 и сброс Хакен (рис. 12.1). Остальные сооружения строятся и планируются к строительству в ближайшее время.

Противоселевая система № 1 построена и защищает юго-западную часть города Анджикана от селей, формирующихся на южных склонах адыра Беш-Буз. Система № 1 объединяет 42 селехранилища, из них 4 крупных на больших логах адыра и 38 средних и мелких на всех остальных селевых руслах его склона. На четырех крупных селехранилищах предусматривается повторное регулирование или перерегулирование стока.

Противоселевая система № 2 охватывает водосборную площадь 13 км² в восточной части адыра Беш-Буз и предохраняет арык Хакен и канал Андижансай от поступления селей, которые угрожают восточной части г. Анджикана. Система состоит из десяти селехранилищ емкостью 50–100 тыс. м³, имеющих самостоятельные сбросы в отводной тракт, протяженностью около 5 км. В комплекс сооружений включены 10 селехранилищ, 2 сбросных канала, 8 водоспусков, акведук.

Система № 3 аккумулирует сели на площади 40 км², расположенной на западном и южном склоне Харабского адыра. В системе запроектировано 16 селехранилищ, 2 из которых емкостью более 100 тыс. м³; зарегулированный селевой сток собирается водосборным каналом длиной около 10 км и сбрасывается в Андижансай.

Система № 4 располагается у подножий северо-западных склонов Зауракского адыра и защищает канал Катартал и земельные угодья Андижанской области. Настоящие системы определенным образом аккумулируют селевые паводки, о чем свидетельствуют селепроявления, происшедшие по саям в пределах системы № 1 – 17 июня 1972 г., 5, 6 и 18 мая 1973 г. Все эти сели были полностью трансформированы селехранилищами и разрушительного действия ниже системы не оказали.

Примером комплексного решения являются противоселевые мероприятия в бассейне реки Чирчика. Здесь, начиная с 1898 г. ведется террасирование склонов и лесонасаждения. Большое количество противоселевых сооружений построено для защиты головной части Чирчик-Бозсуйского водноэнергетического тракта. В основном это трубы и акведуки для пропуска селевых потоков, впуски в канал, переключение мелких саев в соседние бассейны. Созданы регулирующие сооружения в виде запруд, наносоудерживающих дамб и плотин. Крупные акведуки через деривационные каналы построены на саях Акташе, Азатбаше, Таваксае. Сложный комплекс противоселевых сооружений осуществлен в бассейне р. Ахангаран для защиты промышленных и гражданских объектов. Основные сооружения – селехранилища с отводящими трактами. Самые крупные из них построены на Наугарзансае, Дигиристансае, Туганбашисае. Селехранилища имеют донные трубчатые водосбросы с шахтными водоприемниками.

Большие мероприятия осуществлены по защите г. Алмалыка (Алмалыксай и Каракиясай). В состав сооружений по Алмалыксаю входят фильтрующая дамба, предназначенная для задержания наносов крупных фракций, плотина, водосброс и отводящий канал. Плотина высотой 24 м и длиной 340 м рассчитана на аккумуляцию расхода 1% обеспеченности, емкость селехранилища 1,4 млн. м³. Водосброс трубчатого типа с башенным водозабором. По Каракиясаю проектируется селехранилище в верховьях для аккумуляции стока. Сбросной сток в сумме с селевым потоком, сформировавшимся ниже по туннелю протяженностью около 800 м, перебрасывается в соседний бассейн, где также намечено строительство селехранилища для срезки пиков и через водовыпуск с расходами, не превышающими 5,0 м³/с (сбрасывается в канал Бука (рис. 12.2 а)). Значительная сеть мероприятий в Узбекистане осуществляется при освоении низкогорных участков по защите от селей каналов и земель. Так, на трассе Панкентского канала в Ташкентской области отмечается до 70 пересечений канала с селевыми руслами. Длина дюкеров под самым крупным пересечением составляет 400–600 м (Паркентсай, Башкызылсай и др.). При освоении земель вдоль канала предусмотрена сеть для отвода селевых и сбросных вод. В отличие от вышеописанных систем, противоселевые работы на системе Дагансае (юг Ферганской долины) сводятся к тому, чтобы удержать селевой поток в русле. Для этого построен селевой отстойник для задержки песчано-

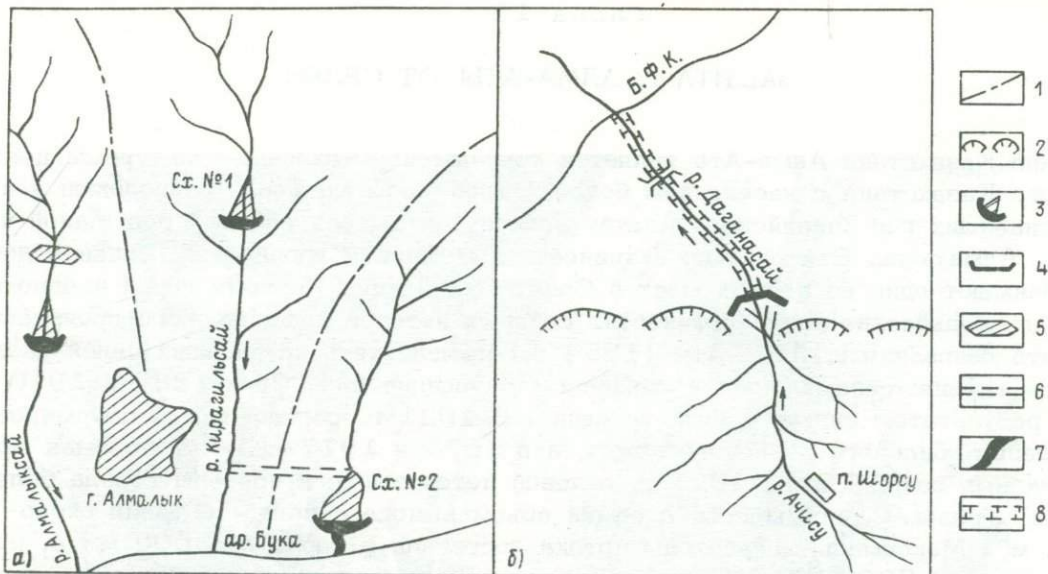


Рис. 12.2. Схема размещения объектов противоселевой защиты: а) г. Алмалык и его окрестности; б) Система "Даганасай". 1 - линия местного водораздела; 2 - нижняя граница адыров; 3 - селехранилище; 4 - селеотстойник; 5 - фильтрующая дамба; 6 - тоннельный водосброс; 7 - отводящий тракт; 8 - транзитное русло, облицованное равным камнем; Б.Ф.К. - большой ферганский канал; ар. - арык

гравелистых наносов с одновременным укреплением берега крупным рваным камнем (рис. 12.2б). Настоящее сооружение обеспечило безопасный транзит селя по руслу Даганасая.

Опыт эксплуатации существующих противоселевых гидротехнических сооружений показывает, что наибольший эффект следует ожидать при комплексном подходе по всей системе борьбы. При чисто гидротехнических мероприятиях наблюдается интенсивное заиление чаши селехранилища, занесение водоотводящих трактов, что в свою очередь сокращает срок службы этих сооружений. Поэтому в республике в 70-х годах было начато планомерное осуществление комплексных мероприятий по улучшению водного режима, борьбе с эрозией почв и селевыми потоками и повышению производительности горных территорий. Сюда входят организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и мелиоративно-технические мероприятия. Примером осуществления всего комплекса мероприятий может служить система защиты, проводимая в бассейне р. Зааминсу в Джизакской области.

Учитывая региональную тенденцию в проведении планомерной борьбы с селями в республике, институтом УзГипрозем в 1969-1972 гг. были разработаны областные схемы мероприятий по борьбе с водной и ветровой эрозией, в которых нашли отражение вопросы комплексной борьбы с селями. Последовавшие затем проработки, проводимые институтом Гидроингео Мингео Узбекской ССР показали, что селевые процессы тесно взаимодействуют с другими экзогенными процессами, такими как обвалы, осыпи, лавины, оползни. Накопленный опыт, а также перспективы освоения горных склонов показывают необходимость разработки комплекса мероприятий не только по одному виду процесса, а увязку этих проработок со всеми элементами защиты от других процессов. В начале 80-х годов Институтом гидрогеологии и инженерной геологии Мингео Узбекской ССР совместно с Госкомгидрометом СССР (институт САНИИ им. В.А. Бугаева) были разработаны положения комплексной схемы защиты объектов и земель от селевых потоков, снежных лавин, оползней и обвалов, которые приняты к практическому применению.

ЗАЩИТА г. АЛМА-АТЫ ОТ СЕЛЕЙ

Столица Казахстана Алма-Ата является крупным промышленно-культурным центром Советского Казахстана с населением более 1 млн. человек. Город расположен у подножья красивейших гор Заилийского Алатау на конусах выноса селевых рек Малой и Большой Алматинок. Эти реки по активности и мощности проявления селевой деятельности занимают одно из первых мест в Советском Союзе. Поэтому город неоднократно испытывал воздействие катастрофических селевых потоков классического проявления. С момента основания г. Алма-Аты (1854 г.) прошло пять крупнейших селей различного происхождения: сейсмического, ливневого и гляциального. Сели 1887 и 1910 гг. явились результатом сильных землетрясений. В 1921 г. селевой поток сформировался от выпадения обильного ливневого дождя, а в 1973 и 1977 гг. — от прорыва моренно-ледниковых озер. В июле 1921 г. селевой поток вынес в пределы города более 3 млн. м³ грязекаменной массы, а общий объем выноса с водой составил около 10 млн. м³. Максимальные расходы потока достигали в горах до 5000 м³/с, по выходе из гор — 500 м³/с. Многие кварталы города были разрушены и занесены грязекаменной массой. От селя погибло более 500 человек и нанесен значительный материальный ущерб. В июле 1973 г. столица Алма-Ата была надежно защищена от катастрофического селя, сформировавшегося от прорыва моренного озера объемом 220 тыс. м³, благодаря высотной селезадерживающей плотине, заранее построенной на р. Малой Алматинке в урочище Медео. Воздвигнутая 110-метровая каменнонабросная плотина с емкостью селехранилища 6,2 млн. м³ впервые в мировой практике гидротехнического строительства в сложных геологических условиях (в зоне 10-балльной сейсмичности) испытала мощный натиск селя, шедшего 10-20-метровым валом со скоростью 10-12 м/с и максимальным расходом до 5200 м³/с.

Поток грязекаменной массы и паводковой воды, общим объемом около 5,5 млн. м³, в том числе 4 млн. м³ наносов и 1,5 млн. м³ воды, был задержан (рис. 13.1). Выше плотины поток, перемещая пятиметровые валуны весом до 300 т, разрушил все мелкие селезадерживающие сооружения: в урочище Мынжилки — габрионную плотину высотой 8 м, емкостью в 32 тыс. м³, у турбазы "Горельник" — два металлических сквозных селеуловителя высотой по 10 м, рассчитанные на ударные воздействия селя до 18 т/м². Горная долина на протяжении 10 км превратилась в глубокий каньон с отвесными неустойчивыми склонами, из рыхлообломочных пород, которые в случае прохождения крупных ливневых и прорывных паводков в результате их подмыва и обрушения могут вновь дать крупнейшие катастрофические сели. При прохождении селя 1973 г. селехранилище Медео было занесено на 2/3 всего объема и свободного объема после сброса воды осталось около 2,2 млн. м³, что явно было недостаточно для задержания новых катастрофических селей. В целях устранения аварийной обстановки и надежной защиты г. Алма-Аты были срочно приняты меры по наращиванию плотины на 40 м с доведением новой емкости селехранилища до 12,6 млн. м³.

Для осуществления комплекса защитных работ в республике в 1973 г. было создано специализированное Главное управление по строительству и эксплуатации селезащитных сооружений при Совете Министров Казахской ССР (Казглавселезащита). В настоящее время на реке Малой Алматинке Казглавселезащитой по проекту Казахского филиала института "Гидропроект" имени С.Я. Жука сооружена уникальная 150-метровая каменнонабросная селезадерживающая плотина с системой водосбросных туннельных и водоприемных сооружений, обеспечивающих зарегулированный безопасный сброс воды расходом до 30 м³/с с любого горизонта селехранилища (рис. 13.2). Наращивание плотины впервые в мировой практике гидротехнического строительства противоселевых сооружений было выполнено непосредственно на свежие селевые отложения. Новая емкость селехранилища рассчитана на задержание более трех катастрофических селей типа 1973 г. Длина ее по гребню — 530 м, ширина по основанию — 800 м. В тело плотины уложено 8,5 млн. м³ грунта, в том числе взрывным способом — более 2,5 млн. м³, остальная часть досыпана механизированным способом из местных горных масс и селевых отложений. Первым правобережным взрывом в октябре

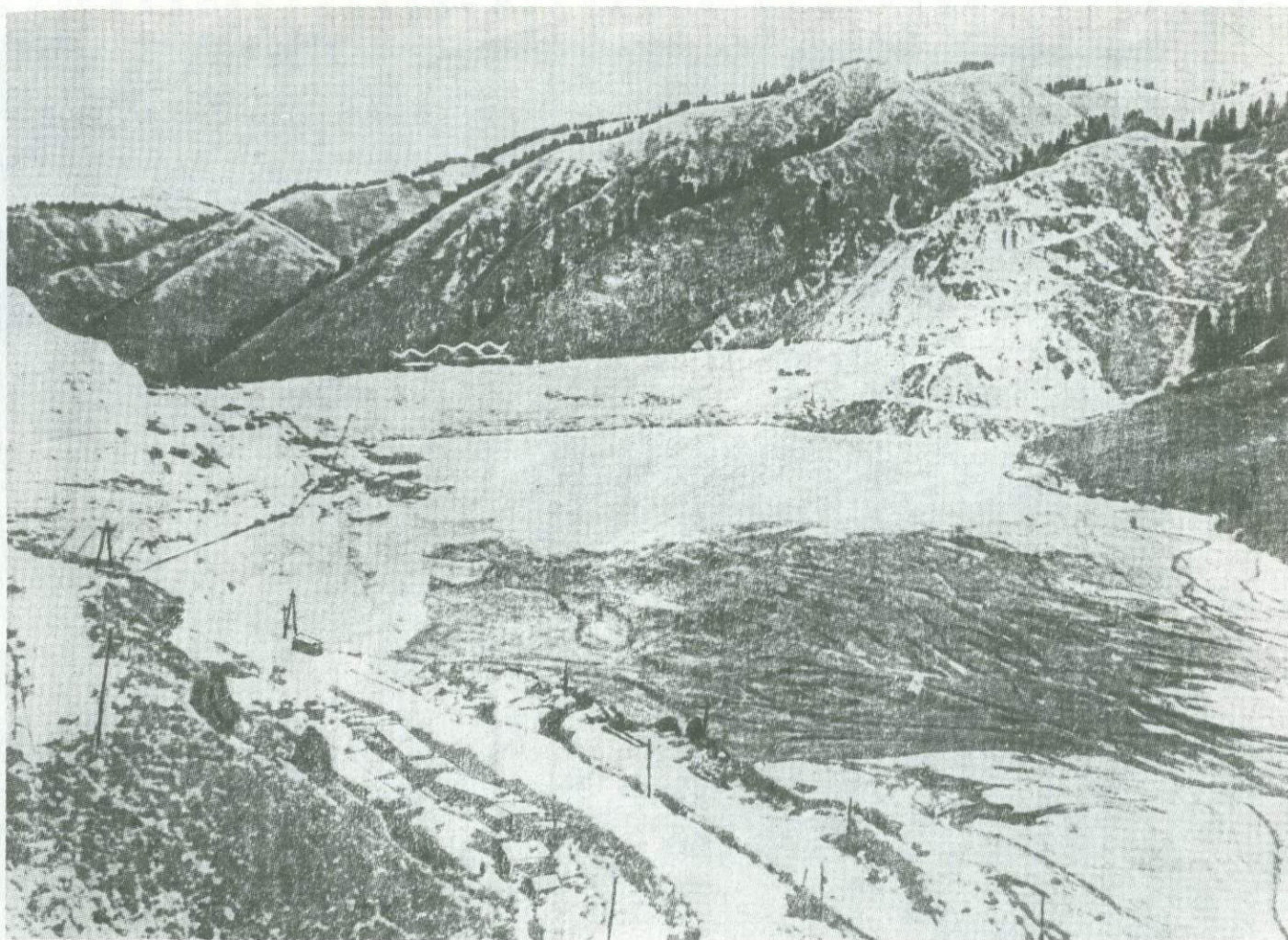


Рис. 13.1. 110-метровая плотина Медео после катастрофического селя 15 июля 1973 г.

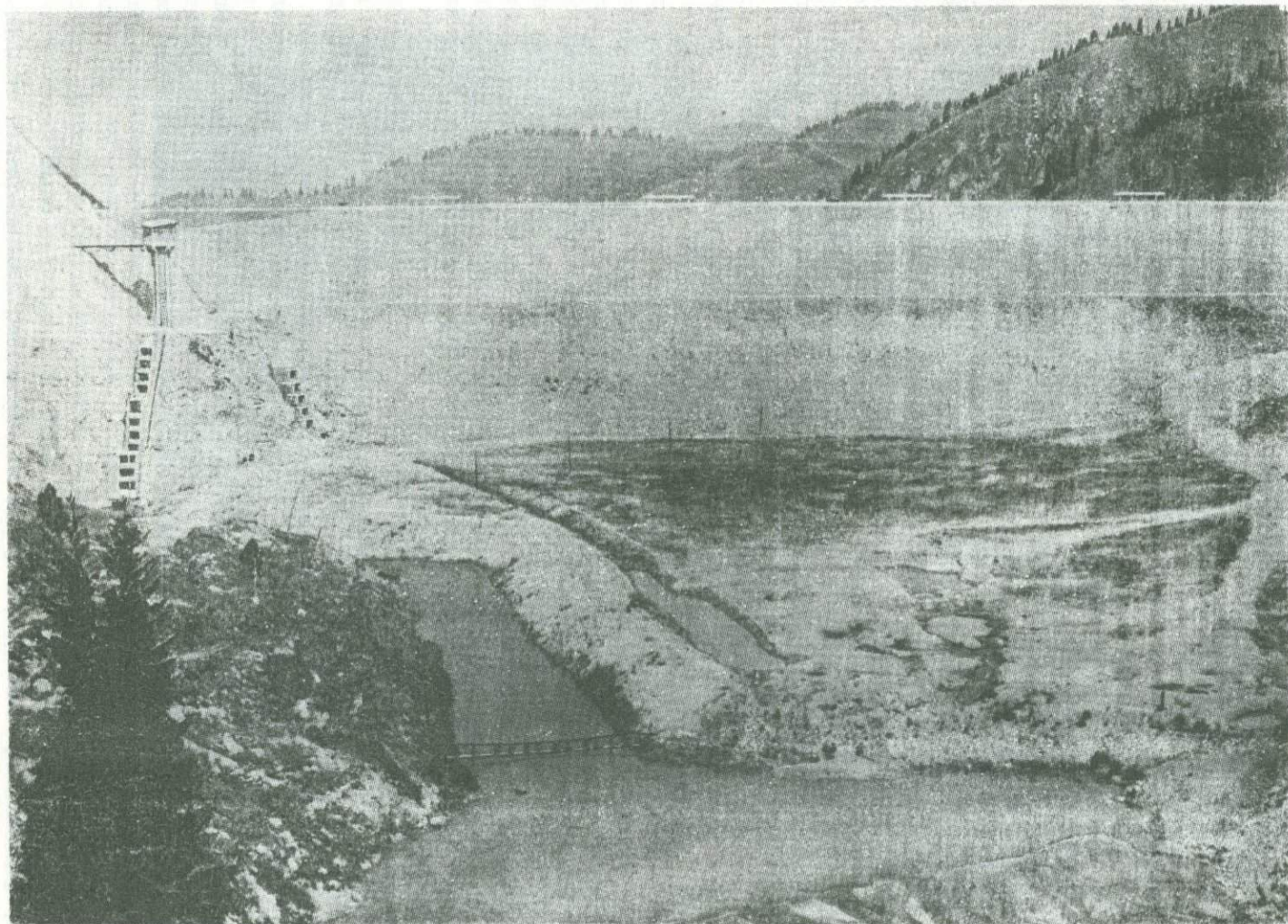


Рис. 13.2. 150-метровая селезадерживающая плотина Медео после наращивания (вид с верхнего бьефа).

1966 г. ущелье реки было перекрыто завалом скальных пород высотой $6\frac{2}{3}$ м, с объемом $1,7$ млн. м^3 , а вторым левобережным - в апреле 1967 г. был создан завал³ объемом более $0,8$ млн. м^3 . Для гарантированного сброса жидкой составляющей селя проложены два туннельных водосбора: постоянный эксплуатационный длиной 540 м и сечением 17 м^2 и его дублер - аварийно-ремонтный длиной 460 м. В нижнем бьефе плотины оба туннеля соединяются железобетонным каналом, а в верхнем - устроена система шахтных водоприемников, расположенных вертикально на различных отметках от дна селехранилища до гребня плотины. Кроме того, плотина имеет башенно-щелевой водосброс. Вся система водосбросных сооружений расположена вне действия динамической оси потока, что обеспечивает им надежную работу по сбросу жидкой составляющей при прохождении селей. При строительстве водосбросных и водоприемных³ сооружений уложено 27 тыс. м^3 железобетона. Общая стоимость строительства плотины составила $33,9$ млн. руб.

От плотины Медео до селевых очагов ледника Туюксу в труднодоступных условиях высокогорья на высоте $2000-3500$ м проложены автодорога длиной 14 км и линия связи, что позволяет механизированным способом оперативно проводить инженерно-эксплуатационные работы по опорожнению селеопасных моренных озер ледника Туюксу (рис. 13.3), непосредственно в селевых очагах. Завершены работы по стабилизации русел рек Весновки, Кимасар (в устьевой части) и строительству на них наносостойников. Ниже плотины на реке Малой Алматинке построено два металлических сквозных сооружения (рис. 13.4), предназначенных для задержания селей, выходящих из притоков рек Батарейки и Казачки. Для полной ликвидации селевых процессов на этих реках, а также на горных реках Бутаковке, Сарысае, Чимбулаке и основному руслу реки Малой Алматинки выше плотины Медео предусматривается осуществить стабилизацию русел системой глухих запруд и сквозных сооружений из сборного железобетона и металлических конструкций отечественного и зарубежного типов.

В верховьях реки Малая Алматинка в урочище Мынжылки на высоте 3010 м соору-



Рис. 13.3. Опорожнение моренных озер ледника Туюксу

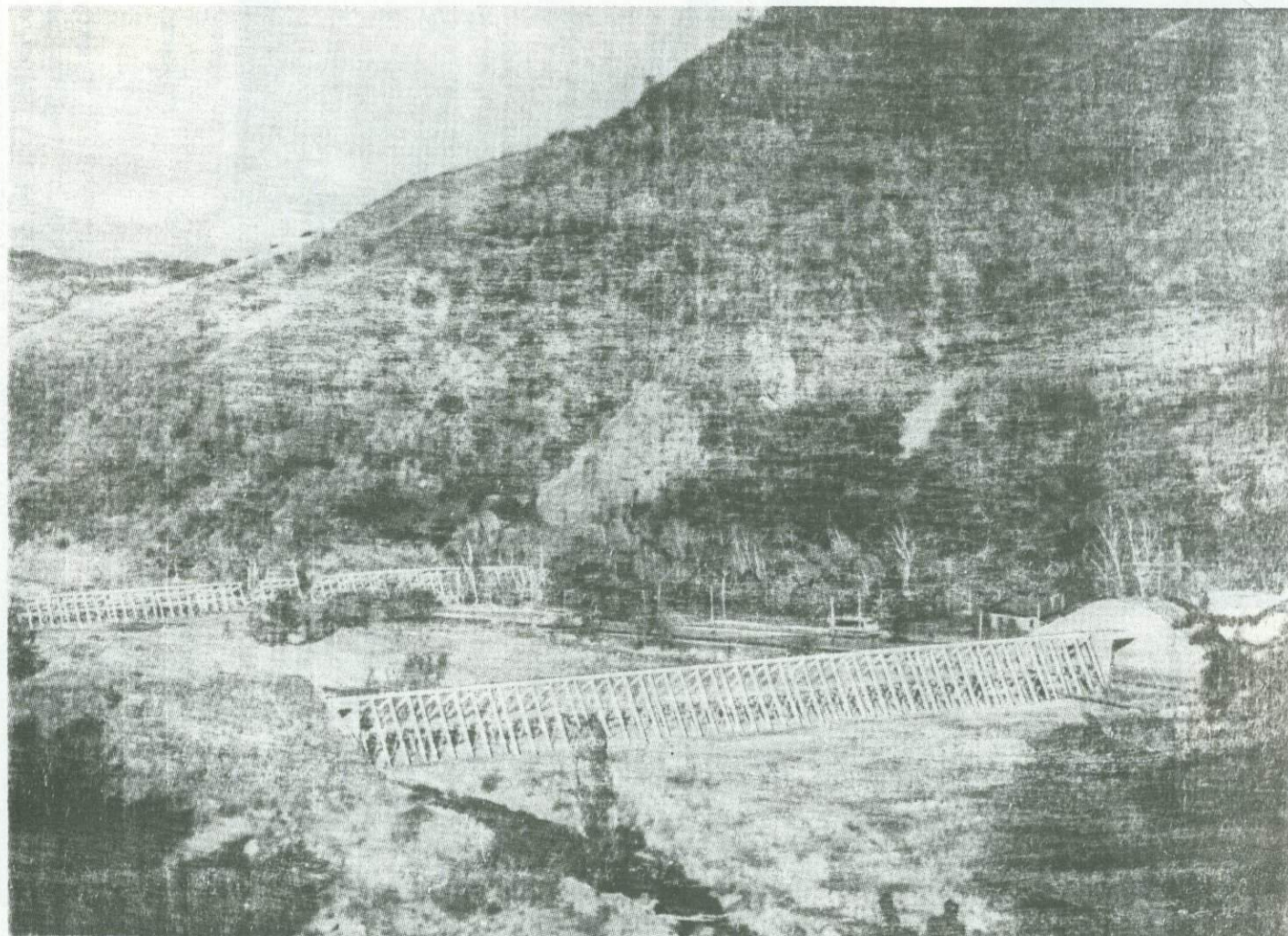


Рис. 13.4. Сквозные селеуловители на реке Малая Алматинка

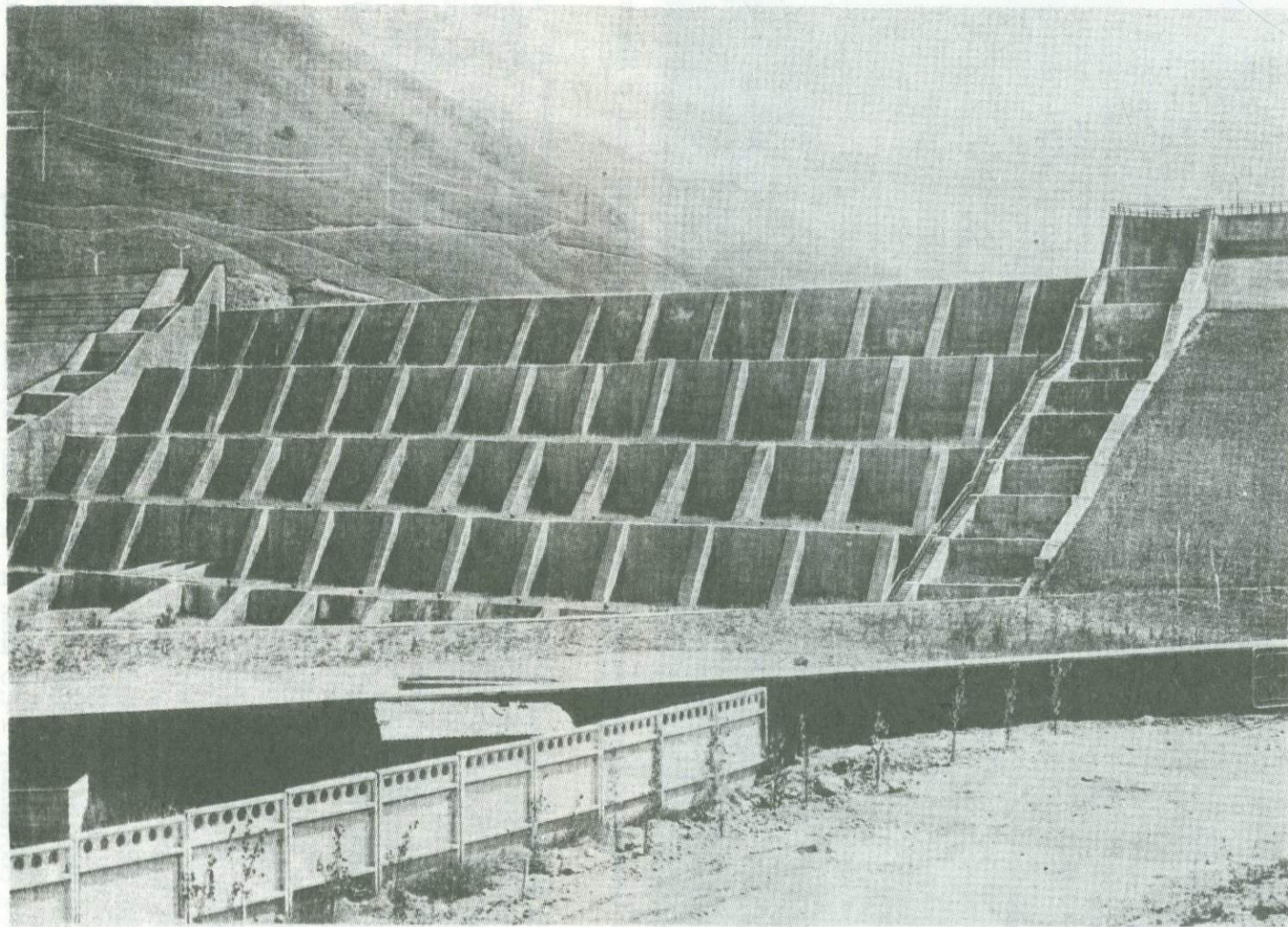


Рис. 13.5. Селезадерживающая плотина на реке Большая Алматинка (вид с нижнего бьефа).

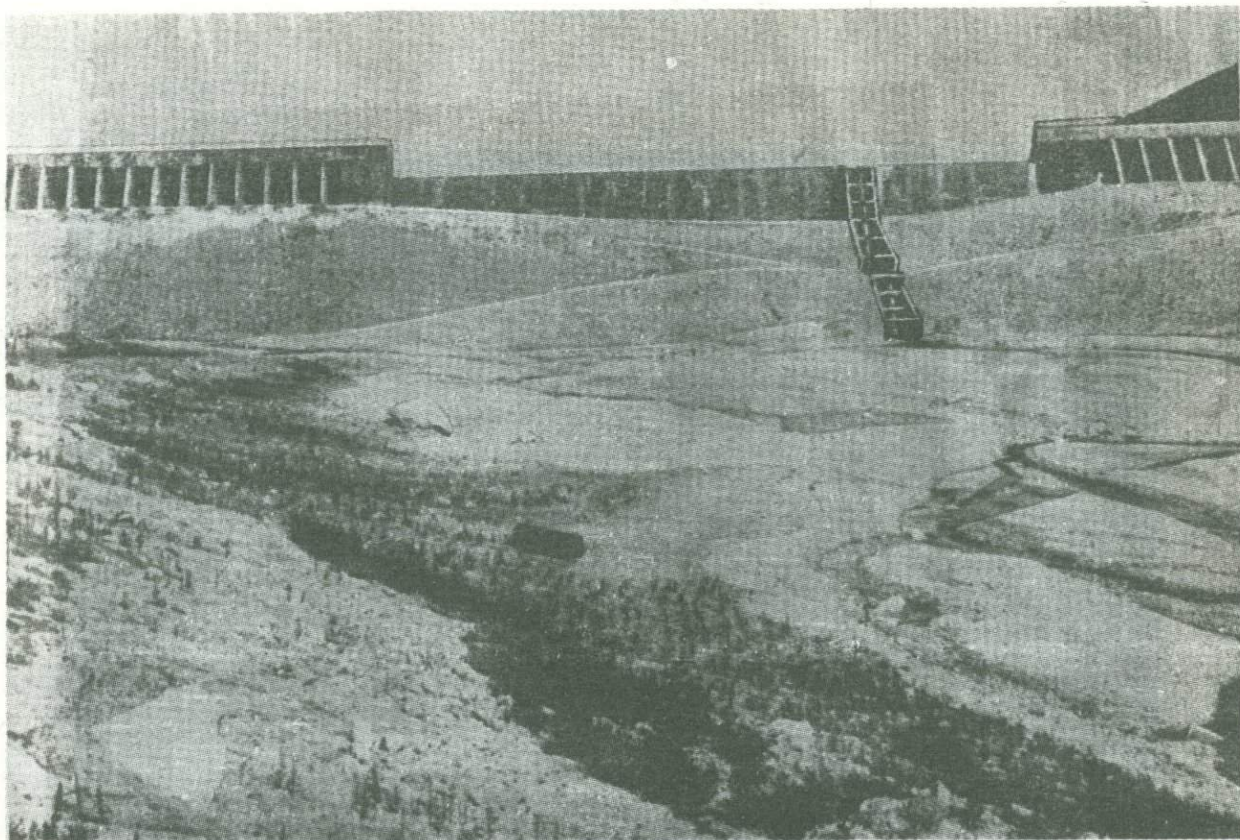


Рис. 13.6. Селезадерживающая плотина на реке Большая Алматинка (вид с верхнего бьефа)

жается 17-метровая насыпная плотина с селехранилищем емкостью в 230 тыс. м³, которая нейтрализует крупные гляциально-прорывные сели непосредственно в очаге селеобразования, задержит их наносы и обеспечит при стабилизации селевых русел продление срока работы емкости селехранилища Медео. В настоящее время бассейн реки Малой Алматинки с уникальным комплексом противоселевых сооружений в урочище Медео является красивейшим уголком Казахстана, замечательной зоной отдыха трудящихся, международной спортивной ареной и местом массового советского и зарубежного туризма.

Для защиты западной части города на реке Большая Алматинка построена 40-метровая железобетонная ячеистая плотина с устройствами комплекса водосбросных сооружений, обеспечивающих автоматический сброс с любого горизонта селехранилища до 45 м³/с (рис. 13.5). Водосбросная система расположена в основании тела плотины и представляет собой два трубчатых водовыпуска длиной до 74 м, с сечением 3,7 м². В низовой части плотины они заканчиваются сбросным лотком, а в верхнем бьефе — окнами шахтных водоприемников, расположенных по вертикали от дна селехранилища до гребня плотины. Длина плотины по гребню 422 м, а ширина по основанию — более 200 м. В тело плотины уложено 88 тыс. м³ железобетона и отсыпано валунно-галечного грунта около 1 млн. м³. Созданная емкость селехранилища при уклоне отложения селя 4% составляет 14,5 млн. м³ и может принять более двух катастрофических селей типа грязекаменного потока 1977 г. (рис. 13.6). Стоимость строительства плотины составила 12,4 млн. руб.

Необходимость создания такого крупного селехранилища на реке Большой Алматинке было вызвано ее высокой селеактивностью. Так, например, в результате прорыва моренного озера (объемом около 90 тыс. м³) в верховьях реки Кумбельсу в августе 1977 г. на реке Большая Алматинка прошли в течение месяца небывалые селевые потоки с суммарным объемом грязекаменной и водной массы до 6 млн. м³ и максимальным расходом до 11 000 м³/с. Отдельные селевые валы в горной долине реки

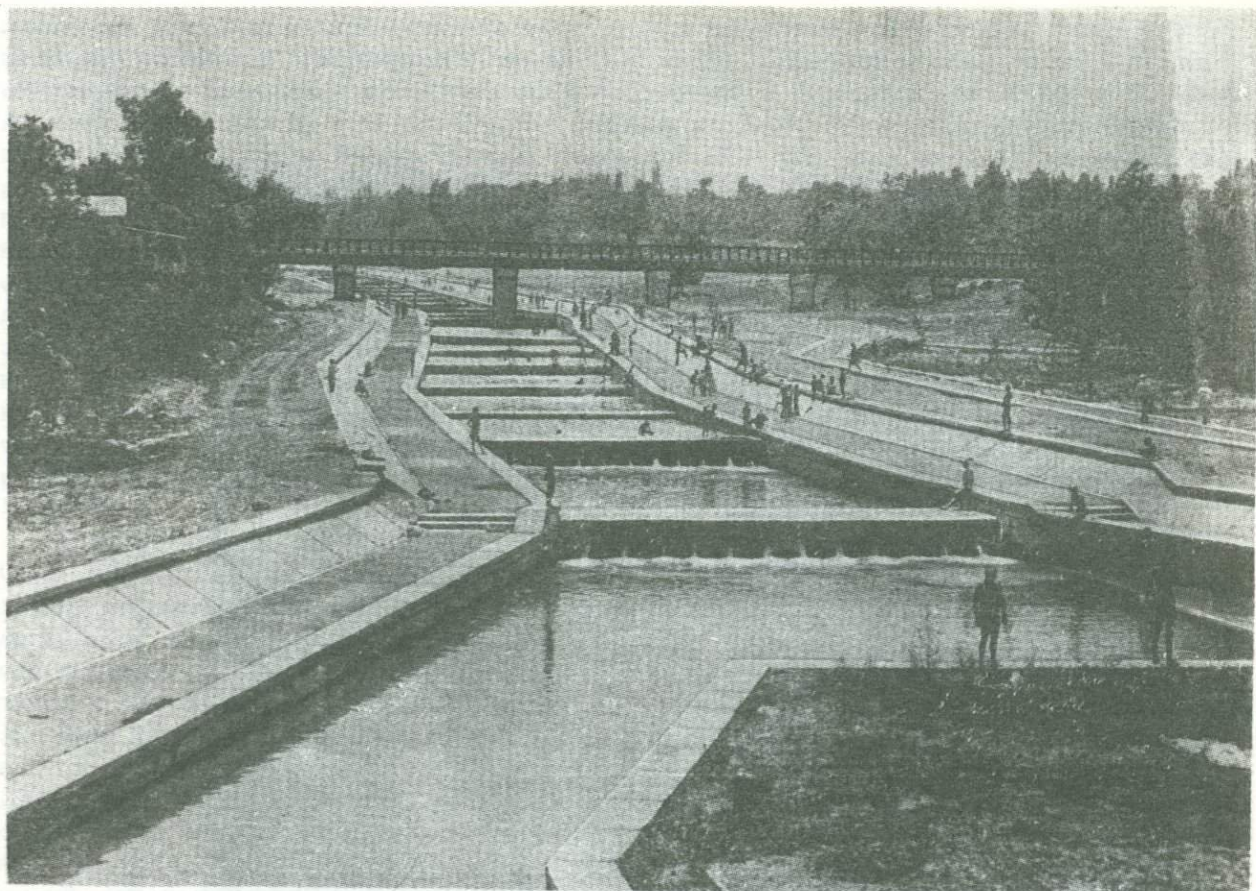


Рис. 13.7. Стабилизация русла реки Большая Алматинка

достигали высоты 12 м, а заплески на крутых поворотах – 15–20 м. Селевые валы двигались со скоростью до 8–10 м/с и переносили камни диаметром до 5–6 м. Они заполнили всю живописную горную долину грязью и валунами, причинили разрушения и нанесли народному хозяйству значительный ущерб. Суммарно селевые потоки дали вынос наносов около 4,2 млн. м³, из них 3 млн. м³ отложилось выше плотины и 1,2 млн. м³ в виде мелких валунов и песка – ниже нее. Для улучшения условий эксплуатации этой крупной плотины и продления срока ее службы в верховьях реки Большая Алматинка проводится принудительное опорожнение ледниковых озер, а селевые русла выше плотины будут стабилизированы системой сквозных сооружений из сборного железобетона. Кроме того, в целях предотвращения прорыва Большого Алматинского озера объемом в 12 млн. м³ в настоящее время осуществляются большие работы по наращиванию естественной плотины озера на 10 м и устройству зарегулированного водовыпуска. В черте города для безопасного транзитного пропуска паводковых вод по реке Большая Алматинка ведутся руслостабилизирующие работы с устройством каскада крупных наносоуловителей (рис. 13.7, 13.8). Полное осуществление указанного комплекса мероприятий и проведение фитомелиоративных работ по закреплению селевых очагов в бассейнах Малой и Большой Алматинок надежно и на долгие годы защитит столицу Казахской ССР город Алма-Ату от опасности селей.

В целях предупреждения селевой опасности и своевременного принятия защитных мер Казглавселезащита совместно с Казахским Управлением по гидрометеорологии и контролю природной среды разработала и использует схему оперативного оповещения и сигнализации об угрозе селей. Для обнаружения селевой опасности и оперативности предупреждения служба оповещения оснащена специально оборудованным вертолетом с громкоговорящей установкой и радиостанцией, что позволяет непосредственно с борта передавать на землю информацию и сигналы о селевой угрозе. Существенную помощь в решении сложной селевой проблемы в республике оказывают многие союзные и респуб-



Рис. 13.8. Наносоотстойник на реке Большая Алматинка

ликанские научно-исследовательские институты и проектные организации, Казахским филиалом института "Гидропроект" имени С.Я. Жука разработаны схема и проекты на строительство комплекса противоселевых сооружений в бассейнах рек Малой и Большой Алматинок для защиты г. Алма-Аты от селевых потоков. Научно-исследовательским институтом энергетики Академии наук Казахской ССР выполнен цикл лабораторных гидравлических исследований водосбросных сооружений по крупным селезадерживающим плотинам рек Малой и Большой Алматинок. Институтом геологических наук Академии наук Казахской ССР произведена типизация и районирование селеопасных бассейнов и составлены карты по оценке селеопасности территории Казахстана. Московским государственным университетом им. М.В. Ломоносова разработан проект методических указаний по экономической оценке ущерба от селей и снежных лавин. Закавказским научно-исследовательским гидрометеорологическим институтом с участием Государственного гидрологического института разработана Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей ВСН 03-76. Госстроем СССР в 1979 г. утверждена Инструкция по проектированию и строительству противоселевых защитных сооружений СН 518-79.

По заданию Казглавселезащиты заводом Казгеофизприбор Министерства геологии СССР в содружестве с КазНИИ Госкомгидромета разработан новый автоматический датчик сейсмооповеститель селя (СОС) по измерению расхода и скорости селя. Эта аппаратура успешно прошла испытания в натуральных условиях, внедрена в производство и используется на реках Алма-Атинской области (в бассейнах рек Малой, Большой Алматинок и Аксай). В содружестве с объединением "Союзводоавтоматика" Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР впервые в нашей стране создается автоматизированная система обнаружения возникновения селей и оповещения о селевой опасности. Для разработки и выбора эффективных противоселевых сооружений Казглавселезащита совместно с заинтересованными организациями в ближайшие годы создаст экспериментальный полигон и селетехническую лабораторию по испытанию противоселевых сооружений, определению динамических характеристик селей и разработке новых защитных сооружений.

Алма-Атинским архитектурно-строительным институтом выполняются научно-исследовательские работы по определению силовых нагрузок на противоселевые сооружения и разрабатываются рекомендации по расчету и выбору эффективных селезадерживающих конструкций.

В связи с реализацией постановления Совета Министров СССР от 7 марта 1978 г. "О мерах по улучшению защиты населенных пунктов, предприятий и других объектов и земель от селевых потоков, снежных лавин, оползней и обвалов" и выполнением указаний Совета Министров Казахской ССР в республике значительно возросли объемы работ по защите от стихийных бедствий. В связи с этим Казглавселезащита совместно с заинтересованными министерствами и ведомствами предусматривает проведение специальных обследований по выявлению территорий, подверженных селям, снежным лавинам, оползням и обвалам, берет на учет все земельные участки, находящиеся в опасных зонах и устанавливает строгий контроль за отведением их под строительство новых объектов. На основе обследования и учета будут разработаны комплексные схемы и технические проекты по защите населенных пунктов, предприятий, других объектов и земель от селевых потоков, снежных лавин, оползней и обвалов. Осуществление противоселевой комплексной системы позволит не только обеспечить надежную защиту населения и объектов народного хозяйства селеопасных зон республики, но и откроет возможности для лучшего использования плодородных земель в горных и предгорных районах, а также для освоения других природных богатств этих зон.

Сдача в эксплуатацию основного противоселевого комплекса ознаменовала впервые в нашей стране и во всем мире практическое разрешение сложнейшей проблемы - защиты крупного города от разрушительного воздействия селевых потоков, и этим была решена первоочередная задача обеспечения безопасности столицы Казахской ССР города Алма-Аты.

Для решения очередных задач Казглавселезащита в ближайшие годы намечает полностью завершить комплекс противоселевых мероприятий, предусмотренных Генсхемой защиты г. Алма-Аты от селевых потоков. Будут застabilизированы все селевые русла в бассейнах рек Малой и Большой Алматинок, проведены фитомелиоративные работы по

закреплению очагов селеформирования. Наряду с этим для долговременной и надежной защиты города от селей предусматривается в перспективе радикальный метод – увеличение емкостей существующих селехранилищ Медео и реки Большой Алматинки горными выработками (карьером).

Глава 14

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ В КИТАЕ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ

1. Краткая характеристика селей Китая

Китай занимает обширную территорию, характеризующуюся разными геологическими структурами, разнообразным рельефом, большим количеством рыхлого осадочного материала, муссонным климатом и достаточным количеством источников воды во всех районах. Поэтому селевые потоки на территории Китая распространены широко, встречаются часто и имелись случаи катастрофических последствий в горных районах. В старом Китае работа по предупреждению селевых потоков почти не велась. С момента образования нового Китая правительство начало уделять большое внимание изучению и предупреждению селевых потоков, и этот вопрос превратился в один из самых важных аспектов научных исследований в нашей стране. До настоящего момента в Китае многие организации занимались вопросами изучения и предупреждения селевых потоков, включая Китайскую академию наук, Министерства железных дорог, транспорта и связи, геологии, водопользования, строительства и сельского хозяйства и лесоразведения, а также университеты и местные административные органы. Эти организации проводили обширные исследования грязевых потоков в различных горных районах Китая, в результате чего было построено более десятка полустационарных наблюдательных пунктов. Китайская академия наук, а также научно-исследовательский институт железных дорог создали лаборатории для исследования проблемы селевых потоков в широком масштабе. В горных районах юго-западной и северо-западной частей Китая имеются некоторые положительные примеры защиты от селевых потоков [1]. Начиная с 1980 г. Институт географии Китайской академии наук в Ченду разрабатывал автоматическую станцию наблюдения за селевыми потоками в русле Сьянся недалеко от города Донхуань провинции Юньнань. Здесь были получены ценные данные о селевых потоках. С 1980 г. в Китае были проведены три научные конференции по вопросам селевых потоков, а также несколько научных форумов, касающихся конкретных аспектов предупреждения селей. В результате проведенной работы были разработаны основы методики изучения и предупреждения селей в Китае [2].

Горные области Китая составляют приблизительно 2/3 его территории. Особыми физико-географическими условиями отличается высокое плато Чинхай – Сицян (Тибет). Они характеризуются большими перепадами высот, узкими горными долинами и крутыми склонами. Эти условия оказывают влияние на общую схему распространения муссонов на территории Китая, и соответственно распределение влаги и тепла. Под воздействием этих факторов, а также сильным влиянием человеческой деятельности, на склонах долин собирается большое количество обломочного материала. В этих условиях образуются многочисленные селевые потоки на территории Китая, которые отличаются широкой пространственностью, высокой частотой происхождения и большими масштабами [3].

По условиям формирования сели в Китае можно разделить на 6 групп, которые встречаются соответственно в шести различных зонах.

Зона горных районов на границе южной части Тибетского плато

Эта зона является зоной наиболее широкого распространения селевых потоков в Китае [4]. Они концентрируются в горных регионах в южной части Тибета и в районе горного массива Калакунлун в западной части плато (рис. 14.1). Только по ориентировочным подсчетам несколько автомобильных дорог в этих местах пересекают более тысячи сухих русел, по которым движутся грязевые потоки. Большая часть из них

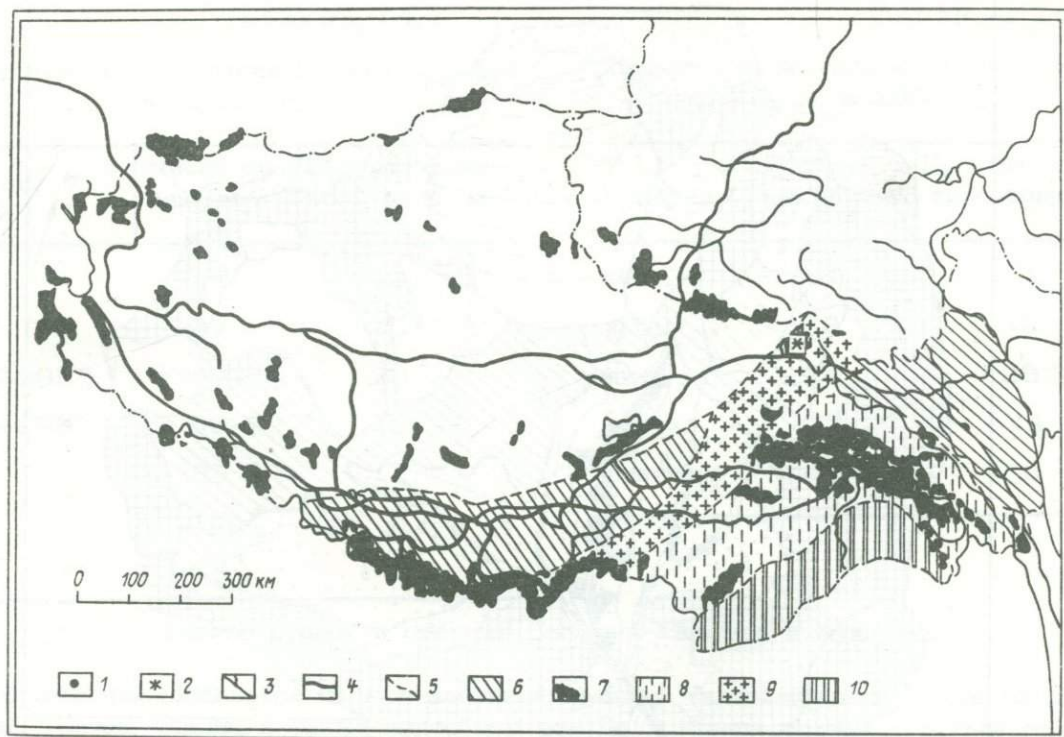


Рис. 14.1. Карта распространения селевых потоков в юго-восточной части плато Чинхай-Сицзян (Тибет). 1 - место прорыва ледниковых озер; 2 - районы распространения ледниковых озер; 3 - реки; 4 - шоссе; 5 - границы распространения селевых потоков; 6 - склоны, на которых формирование селей связано с осадками; 7 - существующие ледники; 8 - гляциальные сели; 9 - сели, возникающие при прорыве гляциальных озер; 10 - районы, где формирование селей связано с осадками, обвалами, оползнями.

наблюдается вдоль дороги Сычуань-Сицзян и вдоль непальско-китайской дороги [5,6]. Например, русло Гусяня, которое расположено около дороги Сычуань-Сицзян, известно как место схода самого большого селевого потока в Китае в результате таяния ледника. Этот грязевой поток был зарегистрирован в сентябре 1953 г. Его передовой вал имел высоту до 40 м, а объем был около 17,1 млн. м³, включая объем твердого материала 11 млн. м³. Этот поток сместил русло реки Боуду на 200 м в сторону. В результате образовалась естественная плотина. Начавшееся наводнение, затопило большую часть расположенной поблизости деревни, обрабатываемых земель и лесов. Движение на дороге остановилось. После этого по тому же самому руслу спускались более десятка селевых потоков. Ежегодный расход по этому руслу составил примерно 10 млн. м³ (рис. 14.2; табл. 14.1 и 14.2). После 1966 г. селевые потоки стали слабее и перешли в фазу затухания [7].

За последние годы селевые потоки возникали в результате прорыва моренных озер много раз и вызывали большие повреждения в более чем десятке разных мест. В результате обработки данных по 150 грязевым потокам были получены следующие данные [8]: 1) имеется 109 русел с площадью водосборов 1-20 км², 35 из них имеют площадь более 20 км², а 6 - менее 1 км². Другие водосборы имеют обычно площадь менее 20 км²; 2) водосборы имеют форму воронки (например, русло Гусян) или форму ложки (например, русло Сунба); 3) уклоны русла, наиболее благоприятные для формирования и движения селей составляют от 10 до 30%, а минимальный уклон, при котором могут двигаться сели - 3,8%. Однако, максимальные уклоны могут достигать 68,6%; 4) угол наклона стенок русла составляет 30-76°. Рыхлый обломочный материал для потоков поставляется в основном оползнями, обвалами, обломочными потоками, ледниками и снежными лавинами, осадочным материалом в результате прорыва моренных озер.

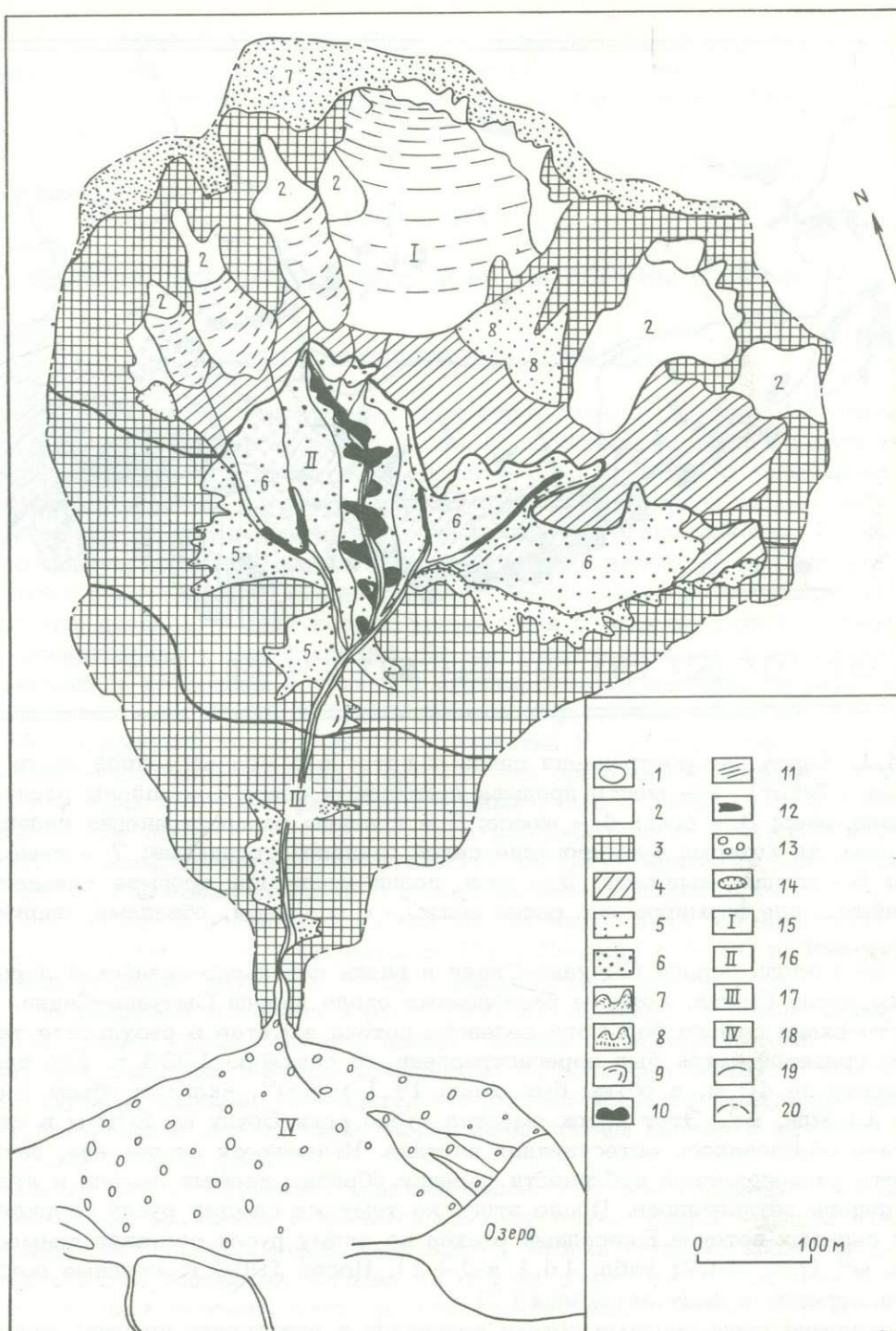


Рис. 14.2. Карта распространения и образования гляциальных селей в бассейне Гусян. 1 - существующие ледники; 2 - фирн; 3 - скалы; 4 - склоны, подверженные экзарации; 5 - неустойчивые флювиогляциальные отложения; 6 - устойчивые флювиогляциальные отложения; 7 - конус лавины; 8 - тальвег и конус лавины; 9 - оползневой склон; 10 - обрушения рыхлообломочного материала; 11 - главное русло селя; 12 - ответвление главного русла; 13 - отложение селя; 14 - подпрудное селевое озеро; 15 - 1) зона формирования твердой и жидкой составляющей селя, 16 - 2) зона формирования селя, 17 - 3) зона транзита селя, 18 - 4) зона аккумуляции селя (конус выноса), 19 - границы зон селя, 20 - граница водораздела

Таблица 14.1

Статистика селей в русле Гусян с 1953 по 1972 г.

Годы	Число селей, шт.	Высота селевого вала, м
1953	4	40
1954	37	25
1955-1957	40	20
1960-1963	50-70	15
1964	85	12
1965	10	6
1972	4	4

Таблица 14.2

Время прохождения и число селей в русле Гусян в 1964 г.

Месяц	Всего в месяц, шт.	Процент от годового количества
май	1	1
июнь	33	39
июль	24	28
август	20	24
сентябрь	7	8

Горная страна в системе Сычуань-Юньнань и Хундуань

Эта зона располагается на юго-западной границе Чинхай-Сицзяна. В нее входят Чонлай, Дасюе, Эньян, а также водосборы рек Даду, Яннин и Чинша. Кроме того, сюда входят горные массивы Гуандуня, расположенные между Иалон и Ну, а также Ланьшань. Сюда также входит бассейн реки Дайянь в западной части Юньнаня и реки Лянчуань в северной части Юньнаня. Здесь имеется целая серия высоких горных систем, перемежающаяся с глубокими каньонами, открывающимися в южном и северном направлениях. Влажные и теплые муссоны с океана перемещаются также по направлению с юга на север. Большое количество рыхлообломочного материала, формы рельефа и вода, необходимые для образования селевых потоков, имеются в большом количестве, и поэтому эта зона подвержена наиболее часто мощным селевым потокам после интенсивных дождей. Вдоль железной дороги Ченку, которая проходит через горный массив и соединяет провинции Сычуань и Юньнань, располагается более 300 сухих русел. Начало работы этой железной дороги было отмечено в 1970 г. неоднократным затоплением нескольких железнодорожных станций и уничтожением мостов. Железная дорога останавливалась 37 раз, и простой составил более 1000 час. Иногда переворачивались поезда, что приводило к гибели имущества и людей [9]. На 90-километровом участке реки Сяозян наблюдается сильно пересеченный рельеф и более чем 50 сухих русел, что составляет 83% от общего числа русел в этом регионе. Селевые потоки наиболее часто проходят в сезон дождей между летом и осенью. Они сносят огромные количества обломочного материала в долину Сяозян, что наносит большой ущерб сельскому хозяйству, транспорту, городскому хозяйству [4]. Например, в русле Чаньчия селевые потоки отмечались на протяжении более 300 лет. Они проходят здесь с частотой до нескольких десятков в год. В результате стационарных наблюдений установлено, что по руслу проходят сели разной плотности. Максимальная плотность одного такого потока составляла $2,37 \text{ т/м}^3$ *). Максимальный расход составлял до $2000 \text{ м}^3/\text{с}$. Ежегодно откладываемый объем наносов составляет от 2 до 3 млн. м^3 . Река Сяозян перегораживалась грязевыми потоками 7 раз, что приводило к величайшим бедствиям.

В бассейне реки Дянчиян, который располагается в горном массиве западной части провинции Юньнань, также очень интенсивны селевые потоки. Количество влекомых потоками наносов таково, что ложе основной речной системы поднимается со скоростью 10 см в год, а сама река перегораживалась несколько раз. В реку Чинша в нижнем течении от Чончянчжи до Синдзы впадает более 500 селевых русел. В других районах, таких как верхние течения рек Ну, Ланчан, Юаньонь и Нанпан, также проходили очень мощные селевые потоки, которые причиняли большой ущерб.

*) Эта цифра, видимо является завышенной (прим. редакции)

Горный массив на северо-западе Китая

Он включает горные страны под названием Чилия, Тоаньшань и Куньлинь. Зона располагается в засушливой и полувасушливой северо-западной части Китая, где водные ресурсы довольно скудны и сели проходят довольно редко (1 поток за десятки лет). В основном селевые потоки вызываются таянием снегов в альпийском поясе и дождями в средне- и нижнегорном поясах. Обломочный материал здесь в основном гляциального происхождения, а также образующийся за счет смыва почвенного слоя. Современные ледники в регионе - континентального происхождения и имеют тенденцию к уменьшению. В районе Сигало в северной части горного массива Чилиянь прошел мощный селевой поток ночью 12 августа 1972 г., который продолжался 3 часа, общий расход его составил 4,25 млн. м³. Летом 1958 г. сели прошел по р. Яньшунь, которая расположена на южном склоне массива Тяньшань. Этот поток достиг г. Кушу и принес значительные повреждения. На западной части горного массива Куньлунь на склонах Тибета и Калакуньлунь селевые потоки активизируются в летний период и прерывают движение поездов.

Зона лессовых плато

В этом регионе осадки составляют от 300 до 600 мм в год. Однако летом идут сильные дожди. Эрозия склонов в этот период происходит довольно интенсивно. Твердый сток р. Хуанка формируется за счет размыва лессов. Здесь в верхнем течении наблюдаются лессовые сели, которые приносят большие разрушения. Начиная с 1980 г. в восточной части дороги Лонхай от Баочжи до Тяньшуи селевые потоки часто повреждали железнодорожные пути, затапливали станции, вызывали гибель людей, приносят ущерб сельскому хозяйству и промышленности [12].

Горная зона северной и северо-восточной части Китая

Здесь входят горные страны под названием Гуашань, Дайкханьшань, западный массив Бейчжин и западный и южный край провинции Ляонинь. Этот массив располагается приблизительно в северной части Китая в долине р. Ляо. В связи с большим перепадом высот и влиянием муссонов, в районе часто наблюдаются селевые потоки. Западная часть, регион Бейчжин, является местом основного сосредоточения селей. В 1950 г. прошли сильные грязевые потоки на притоке под названием Чиншуй, р. Юньдинь. Этот поток смыл приблизительно 40 млн. м³ твердого материала и значительные площади обрабатываемых земель вдоль реки. В 1972 г. в результате тайфунных дождей (осадки составили 400 мм в год, а интенсивность дождя была до 60 мм в час) грязевые потоки почти одновременно сошли с гор по восточным склонам массива Дучжун в округе Уайру и сильно повредили поля и автодороги. В горной стране западной и южной части провинции Ляонинь в 1981 г. прошли грязевые потоки, которые принесли серьезный ущерб. Самый сильный из них был в горах Гунлу и Хаундянь.

В районе Гуашань в восточном секторе горного массива Чиньлинь располагается наиболее густая сеть селевых потоков низкой плотности. Здесь имеется широкая сеть конусов, которые образовались за счет большого количества камней и дробленого материала, вынесенного селевыми потоками.

Зона других горных массивов в восточной части Китая

Горные массивы восточного Китая, расположенные в южной части горных стран Чиньлинь и Таби, а также в восточной части плато Юньнань и Гоучжоу, в особенности в районах Аньху, Чанхи, Чейянь, Гондо и Тайвань, равно как и массив на острове Ханьнань, характеризуются интенсивными осадками, в особенности в период тайфунов. Они приносят значительные бедствия в этом регионе. Однако грязевые потоки здесь невелики ввиду того, что пологие склоны покрыты густой растительностью. Грязевые потоки в этом районе часто вызываются вырубкой леса, складированием отвалов шахт в руслах водотоков.

2. Методы и примеры борьбы с селевыми потоками

Как известно, Китай является страной с сильно развитыми горными массивами и интенсивными грязевыми потоками. Чтобы защитить жизнь людей и их имущество, и для того, чтобы равномерно развивать все районы страны, правительство использует на всех уровнях разнообразные меры борьбы с селями [2]. Опыт показал, что основные требования для предотвращения грязевых потоков должны основываться на местных условиях, способствующих их образованию, информация о которых должна получаться в процессе их изучения. Методы предотвращения селевых потоков можно разделить на 4 группы:

- 1) предотвращение появления селевого потока;
- 2) предотвращение нежелательных последствий селевых потоков;
- 3) предотвращение нежелательных последствий деятельности человека;
- 4) комплексные меры по предотвращению селевых потоков.

Предотвращение появления селевых потоков

Этим способом можно полностью предотвратить возможность возникновения селевого потока. Он заключается в анализе основных факторов, которые способствуют возникновению селей и в осуществлении наиболее дешевым способом мер противодействия.

Посадка деревьев в оголенных гористых районах

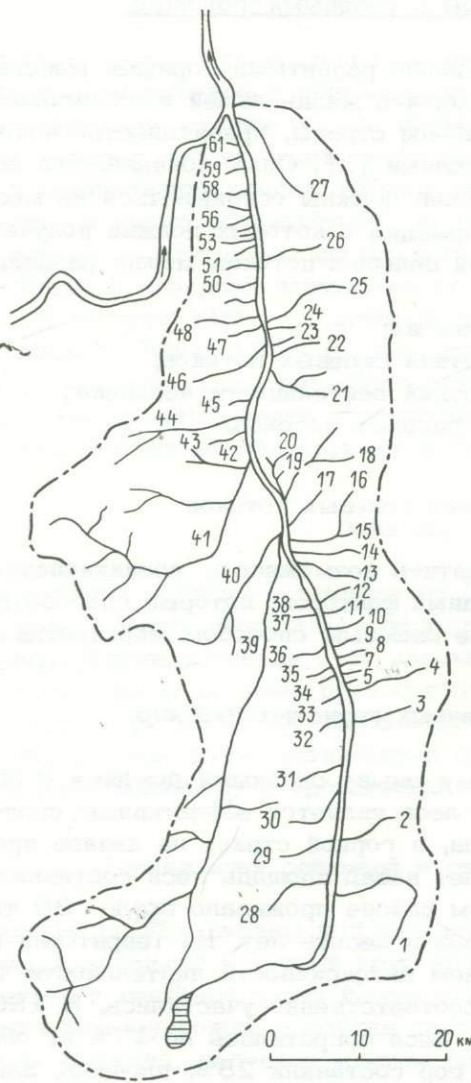
Оголенные горы подвергаются интенсивному смыву сильными дождями с образованием поверхностного стока и селей. Посадка леса является эффективным способом их предупреждения. Например, в бассейне р. Люша, в горной стране на западе провинции Сычуань, имеющей площадь 134 км^2 , 200 лет назад площадь леса составляла более 70% от общей территории. В то время в этом районе проживало около 30 тыс. человек. Грязевые потоки проходили здесь один раз в десять лет. На территории насчитывалось всего 15 селевых русел. С увеличением интенсивности деятельности человека и с усилением вырубки лесов селевые потоки соответственно участились. К 1968 г. население выросло до 140 тыс, а площадь леса сократилась до 17% от общей площади бассейна. Оголенные места на склонах гор составили 28%, площадь, занятая кустарником – 11%. В результате селевые потоки участились до нескольких в течение года, а число селевых русел возросло до 42. В средней и нижней части бассейна, где лес был вырублен полностью, появились новые селевые русла [13].

В 1968 г. оголенные склоны гор стали вновь засаживаться лесами (рис. 14.3). В течение нескольких лет более 100 км^2 гор было засажено молодым лесом. Частота грязевых потоков в бассейне значительно сократилась, а периодичность составляет 1 сел в два года.

Дренирование воды

При благоприятных геологических и ландшафтных условиях количество воды, поступающее в русло основной реки, можно регулировать в верхнем течении путем строительства дренажных сооружений и водохранилищ. Таким образом, можно срезать пик паводков, которые в состоянии производить эрозию и полностью прекратить формирование селей. Например, в русле Ганьхэ в бассейне р. Люша (рис. 14.4) селевые потоки много раз в течение года повреждали сооружения г. Чоусья, расположенного в ее низовьях, а также уничтожали множество жилых домов (879) и людей (490). В 1956 г. были приняты меры по изменению режима реки путем дренажа водосбора в верхнем течении реки. Часть стока была переброшена в сухое русло Чжатавуань, расположенное поблизости от основного русла. Оно было соединено каналом с бассейном [14]. Селевые потоки, угрожающие городу, прекратились.

Стабилизация оползней. Твердый материал для многих селевых потоков поставляется оползнями. Таким образом, для того, чтобы предотвратить селевые потоки, необходимо



- ▲ - I
 - △ - II
 - ☆ - III
 - △ - IV
 - △ - V
- VI
- | | |
|-------------------|--------------------|
| ▲ 1 Diaoga | △ 32 Cangfang |
| △ 2 Yutoutang | △ 33 Anluo |
| △ 3 Xujiaxiao | △ 34 Xiaobaininan |
| △ 4 Taojiaxiao | △ 35 Xiaobeini |
| △ 5 Hongsa | △ 36 Dabaini |
| ▲ 6 Xiaoshidong | ☆ 37 Rongjiaying |
| ▲ 7 Heishui | ☆ 38 Tongchangqing |
| ▲ 8 Dade | ▲ 39 Kuaihe |
| △ 9 Sima | ▲ 40 Wulong |
| △ 10 Laogan | ▲ 41 Xiaoqing |
| ▲ 11 Laoyingyan | ☆ 42 Chaiyuan |
| △ 12 Wangjiaying | △ 43 Langtianba |
| △ 13 Xiaohai | ▲ 44 Huangshuiqing |
| △ 14 Shiyang | △ 45 Naishiwo |
| △ 15 Yilagu | ☆ 46 Dadu |
| ▲ 16 Shen | ☆ 47 Xingtianwan |
| ▲ 17 Tianlagan | ☆ 48 Xingcunqing |
| △ 18 Daqiao | ☆ 49 Laocun |
| △ 19 Xiaoshuiqing | △ 50 Xingdianfang |
| △ 20 Longshu | △ 51 Buwei |
| △ 21 Jiangjia | △ 52 Paizhidi |
| △ 22 Nijiang | △ 53 Fanjiaping |
| △ 23 Xishi | △ 54 Suotouliang |
| △ 24 Daqiaoqing | △ 55 Xiamaga |
| △ 25 Jiansan | ☆ 56 Sanjiacun |
| △ 26 Taipingsun | △ 57 Dashujue |
| ▲ 27 Yianshui | △ 58 Doufu |
| △ 28 Xiaopotounan | △ 59 Niupingzhi |
| △ 29 Xiaopotou | △ 60 Dapingzhi |
| △ 30 Xiaopotoubei | △ 61 Datianba |
| △ 31 Cangfangnan | |

Рис. 14.3 Схема расположения селевых русел в бассейне реки Чьячюань. I - неселенные русла, по которым проходят поводки; II - русла с селевыми потоками низкой вязкости; III - русла с временными заторами селевых потоков; IV - русла с селевыми потоками высокой вязкости; V - русла, в которых наблюдается переход селей низкой вязкости в сели высокой вязкости и наоборот; VI - арабскими цифрами обозначены водотоки

стабилизировать оползни. В Китае ловушки для наносов, плотины и т.д. используются для предотвращения грязевых потоков. Этим методом пользуются для удержания нижней части оползня и остановки его движения. Таким образом, язык оползня защищается от размыва. В результате весь оползень стабилизируется [15]. Например, селевой поток в русле Фуншу в бассейне Дайян провинции Юньнань питается накоплениями несвязного грунта в верховьях. При этом оползень формируется в теле старых оползней в гранитах [10]. Эти потоки образуются довольно часто; однажды они прорвали дамбу основного русла реки Дайян, уничтожили несколько деревень, затопили поля и принесли материальный ущерб. Для предупреждения селей здесь были приняты меры по строительству ловушек в 1978 г. (рис. 14.5). На этой реке будет построено 8 плотин общей высотой 80 м. Это сооружение будет задерживать 17,5 млн. м³ грунта. Наносы будут постепенно стабилизировать оползание основного тела оползня. К 1981 г. уже было построено две такие плотины. Задержанные наносы несколько замедлили смещение оползня, а масштаб селевых потоков уменьшился. Транспорт наносов в реку Дайян сократился до 300 тыс. м³, по сравнению с 1 100 000 м³ в год до 1977 г.

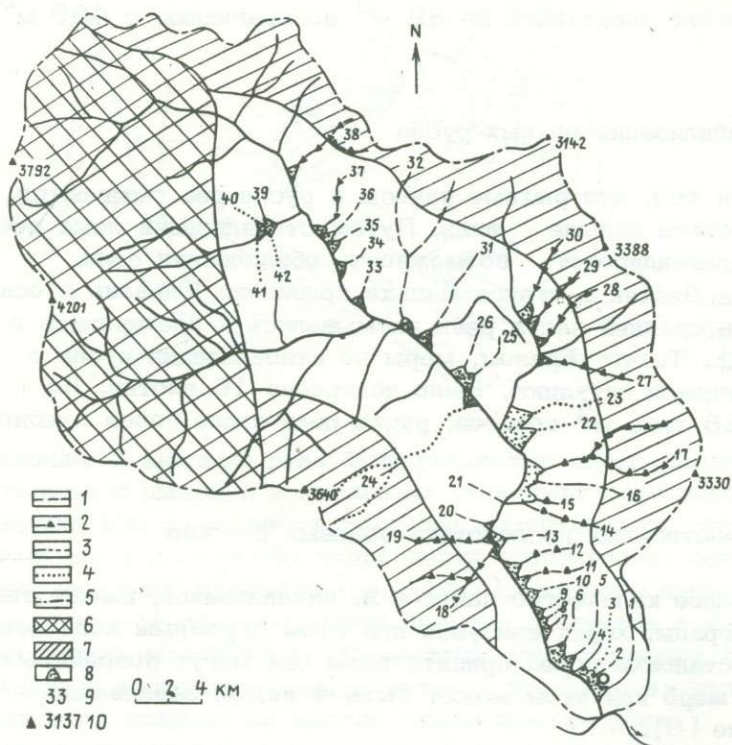


Рис. 14.4. Схема размещения селевых водотоков и площадей посаженного леса бассейна реки Люша, 1 - селевые водотоки с оползневыми очагами; 2 - селевые водотоки с обвальными очагами; 3 - селевые водотоки с эрозионными очагами; 4 - водотоки, где сели формируются за счет размыва дна русла; 5 - границы бассейна; 6 - старый лес; 7 - молодой лес, высаженный с самолета (сосна юньаньская и массонская); 8 - конуса выносов; 9 - цифрами обозначены номера водотоков; 10 - абсолютные отметки рельефа

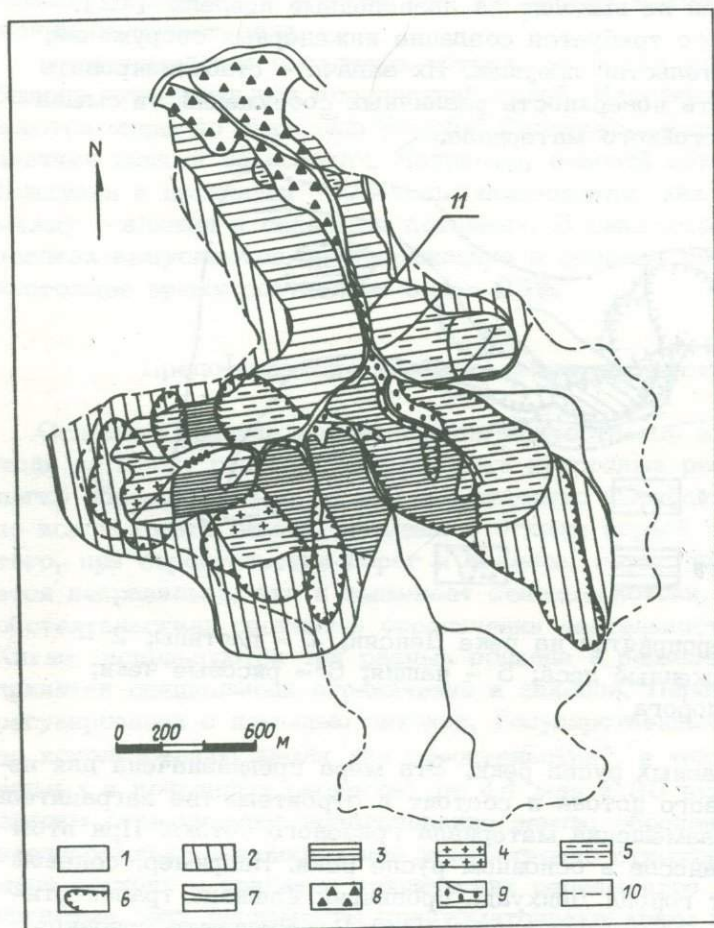


Рис. 14.5. Террасированные осадочные ловушки в русле Хуншу, 1 - зона водосбора; 2 - переходная зона, образующая сели; 3 - зона периодического формирования селя; 4 - зона непосредственного формирования мелких селевых потоков; 5 - зона формирования мощных селевых потоков; 6 - оползни; 7 - транзитная зона селей; 8 - старые селевые накопления; 9 - новые селевые накопления; 10 - граница бассейна; 11 - 8 барражей общей высотой 80 м

Максимальный расход селевого потока сократился до 89 м^3 по сравнению с $400 \text{ м}^3/\text{с}$ до строительства плотины.

Стабилизация речных русел

Многие сели вызываются еще и тем, что рыхлые наносы в русле рек смываются турбулентными потоками и переносятся дальше вниз. Путем стабилизации ложа реки можно ограничить или полностью ликвидировать возможность образования селя.

Например, селевой поток в реке Денсян в округе Ляньхэ провинции Юньнань в основном был вызван тем, что наносы в средней части реки размывались и соединялись с материалом двух оползней [10,11]. Таким образом, меры по стабилизации русла с помощью ловушки (рис. 14.6) улучшили ситуацию. Было построено 16 плотин. До 1981 г. эти плотины задержали 25 тыс. м^3 наносов, русло реки стало более стабильным.

Предотвращение нежелательных последствий селевых потоков

Грязевые потоки содержат большое количество наносов и, накапливаясь, имеют тенденцию внезапно прорывать преграды, характеризуясь при этом огромным количеством движения. Во время движения и остановки перед препятствием они могут повредить самые разнообразные сооружения. Ущерб при этом может быть 4 видов: заиливание, смыв, блокирование и столкновение [9].

Предотвращение заиливания. Главное в этом методе состоит в обеспечении дренажа, остановки и размещения материала. В результате таких мер грязевые потоки ограничиваются определенным районом, который не выходит за дозволенные пределы [12].

Защита русла от размыва. Для этого требуется создание инженерных сооружений, например, для защиты дна, или строительство ловушек. Их задача – стабилизировать русло реки [14]. Необходимо защищать поверхность различных сооружений от смыва грязевым потоком с помощью износостойкого материала.

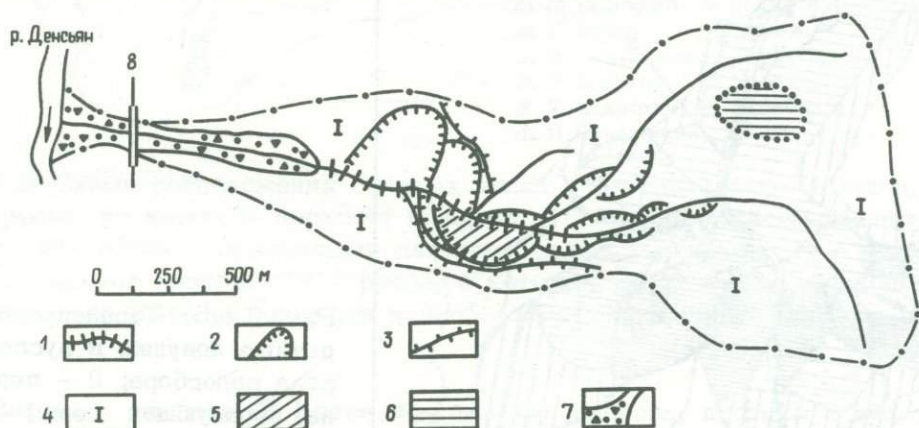


Рис. 14.6. Противоселевые мероприятия на реке Денсян. 1 – плотины; 2 – оползни; 3 – дренаж; 4 – насаженные леса; 5 – пашня; 6 – рисовые чеки; 7 – конус выноса селей; 8 – дорога

Предотвращение запруживания главных русел реки. Эта мера предназначена для изменения направления движения селевого потока и состоит в строительстве заградительных сооружений и сооружений для размещения материала грязевого потока. При этом сокращается количество влекаемых наносов в основном русле реки. Например, селевой поток в русле Чьяньчяи недалеко от города Донхуань провинции Юньнань транспортирует около 2,5 млрд. м^3 наносов в нижнюю часть реки [16]. В результате основное русло блокируется, что происходило уже много раз, как например, в 1963 г., когда

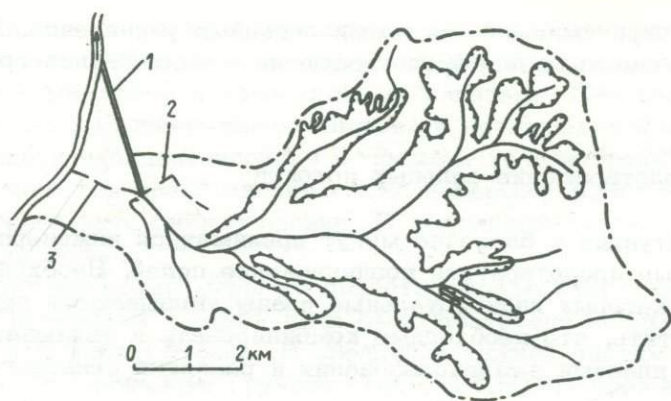


Рис. 14.7 - Канал для пропуска половодий и площадка для осаждения селей в русле Чьянчия. 1 - канал; 2 - селенакопитель; 3 - старое русло.

в течение 3 месяцев река была полностью перегорожена. Железная дорога и автодорога вместе с шахтами в верховьях реки были затоплены. В 1969 г. была построена площадка для размещения твердого компонента со стоками для воды. Площадка была размещена в поперечном направлении относительно оси реки. После того, как селевой поток достигает площадки (рис. 14.7), основная часть его твердой составляющей оседает, а другая проходит через сливные отверстия и попадает в основное русло Чьянчия. Сели малого масштаба почти целиком задерживаются ловушкой. В течение 10 лет произошло несколько селевых потоков большого и среднего масштаба, которые при наличии этой ловушки не смогли заблокировать реку.

Предотвращение столкновений. Имеется два метода борьбы с этим явлением: один состоит в строительстве отводных или заградительных сооружений, а другой - в использовании специальных мягких или эластичных материалов, которыми закрываются сооружения от ударов селей.

Предупреждения о селевых потоках являются мерой, с помощью которой можно избежать отрицательных последствий селей. Население заранее эвакуируется и принимаются меры по снижению ущерба. Своевременность таких предупреждений зависит от наличия данных об осадках. Например, селевой поток в русле Яьянчия вблизи города Донхуань в провинции Юньнань вызывается, как правило, осадками. Имеется связь между осадками и селевыми потоками. В зависимости от телеметрических данных об осадках выпускаются предупреждения о селевых потоках. Оправдываемость прогнозов в настоящее время составляет более 85%.

Предотвращение нежелательных последствий деятельности человека

Основная причина возникновения искусственно вызванных потоков состоит в том, что люди не могут разумно использовать природные ресурсы [17]. Например, сели могут легко образовываться, если неограниченно вырубать леса на горных склонах, неправильно использовать земли, размещать отходы горной промышленности и т.д. [18]. Кроме того, при строительстве дорог и каналов, грунт, вынутый в результате работ, размещается неправильно, что и вызывает селевые потоки. Главная мера против селей в этих обстоятельствах состоит в ограничении деятельности человека в опасных районах. В Китае используются три разных подхода к решению этой проблемы, которые состоят в принятии специальных ограничений и законов. Первый подход состоит в государственном регулировании с помощью законов. Государственный совет принял закон "Регламент по использованию земли для строительства", а также закон "Регламент по сохранению водных и почвенных ресурсов" от 14 мая и 30 июня 1982 г. соответственно. Эти законы ограничивают использование земли, обеспечивают защиту окружающей среды и предупреждают возникновение искусственно стимулированных селевых потоков. Вторая мера состоит в принятии технических регламентов соответствующими экономическими органами. Эти регламенты предусматривают меры против деятельности человека, которая может вызвать селевые потоки в процессе производства и строительства. Третья

мера является административной, предпринимаемой местными органами управления. По этому направлению делается все возможное для предотвращения возникновения грязевых потоков на месте.

Комплексное предотвращение селевых потоков

В зависимости от сложившейся ситуации в бассейне могут приниматься инженерные меры, а также другие меры, способные предотвратить возникновение селей. Необходимо разрабатывать комплексные меры, в которых индивидуальные планы увязываются друг с другом. В особенности нужно отметить, что необходимо комбинировать и увязывать планы развития экономики с общими планами землепользования и развития сельского хозяйства.

Комплексное предотвращение селей в долине реки Хейша является типичным примером такой деятельности в Китае. Река имеет площадь водосбора 22,7 км² и располагается в горном районе западной части провинции Сычуань. Железная дорога Ченкун и автодорога Хуанюнь проходит в середине обширного конуса выноса. В течение сотен лет 5 деревень и более 200 га земель подвергались заиливанию. Разнообразные сооружения, связанные с водопользованием и прокладкой автомобильных дорог, постоянно повреждались. При строительстве железной дороги Ченкун было построено 7 мостов высотой 5 м через 7 небольших каналов, проделанных для пропуска селей. Однако менее чем через год после открытия насыпь под основанием моста № 5 была повреждена селевым потоком. Основание дороги также треснуло и обвалилось. Работа железной дороги прекратилась. Селевые потоки в реке образуются в результате наличия больших запасов рыхлообломочного материала в среднем ее течении. Он приносится обвала-

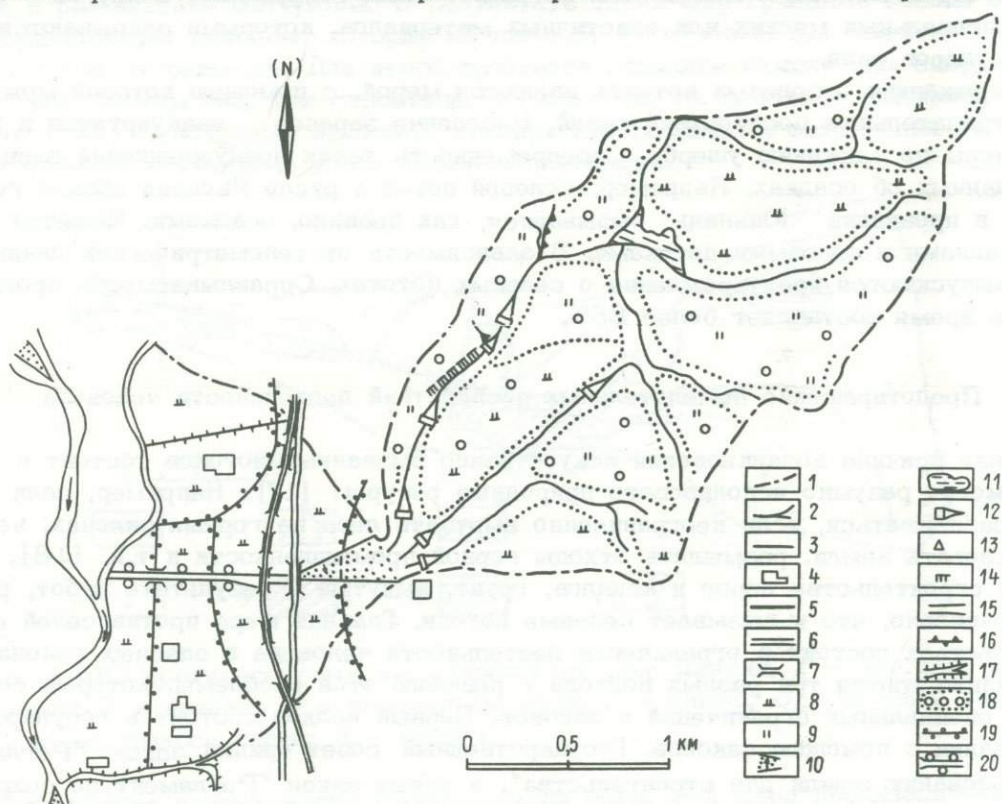


Рис. 14.8. Комплекс противоселевых мероприятий в долине реки Хейша. 1 - граница бассейна; 2 - река; 3 - канал; 4 - деревья; 5 - железная дорога; 6 - автодорога; 7 - мост; 8 - сельскохозяйственные земли; 9 - луг; 10 - песок; 11 - водохранилище; 12 - плотины селевых ловушек; 13 - обвалование; 14 - береговая дамба переменной высоты; 15 - канал для пропуска половодий; 16 - дренаж; 17 - отводящий канал; 18 - лесопосадки; 19 - лесозащитные полосы против ветровой эрозии; 20 - лесополоса, защищающая канал.

ми и оползнями с обоих склонов долины. Этот материал легко смывается сильными дождями [19]. Материнские скальные породы в этой части представлены сланцами, конгломератами и известковыми сланцами. Скальные породы сильно раздроблены. Площадь, подтвержденная обвалами и оползням, составляет 1,3 км², причем 70% этой площади сконцентрировано в среднем течении реки Хейша. Кроме того, большая часть склонов гор представляет голую поверхность, покрытую редким кустарником. Она подвержена интенсивной эрозии. В дождливый сезон происходит накопление воды и образование селей.

Комплексные меры по предотвращению этого явления в долине реки Хейша включали: в верхнем течении реки было построено водохранилище для перехвата наносов и регулирования стоков. В средней и нижней частях реки были приняты меры по снижению обводненности грунтов (рис. 14,8). В верховьях реки объем водохранилища составил 540 тыс. м³, кроме этого, были высажены леса, которые должны будут снизить количество рыхлого материала, поступающего в русло, и регулировать гидравлические параметры селей. В среднем течении были построены каскады небольших ловушек из 7 дамб. Эти плотины способствовали стабилизации грунтов и остановили процесс эрозии. По берегам было высажено 4 км² леса, а плодородные участки склона были террасированы. В нижнем течении был построен канал длиной 5,8 км для отвода селей. Там же высажено 39 лесозащитных полос. В конце концов пустынная земля в нижнем течении реки будет превращена в культурную.

К 1979 г. процент площади лесов на этой территории увеличился до 62% с 2,8% — в 1967 г. Открытые грунты теперь занимают площадь 1,1% вместо 3,6%. Плотины задержали около 70 тыс. м³ наносов. Эрозия склонов, обвалы и оползни оказались под контролем. Водоохранилище оказалось способным срезать пик паводков на 90%. Селевые потоки не только прекратились, но и ранее не плодородная земля в дельте превратилась в плодородную. Пустынный черный конус выноса превратился в поле для рисовых чеков и садов.

Литература

1. Tang Bagxing and others, 1980, Study on Mudglows in China, Acta Geographica Sinica. Publishing House for Sciences of China, Vol. 35, N 3, (in Chinese with English abstract)
2. Ding Xizhi, 1981, Debris Flow Studies in China—Present Status and Tasks Ahead. Collected Papers on Debris Flows (N 1), Chongqing Branch of Publishing House for Scientific and Technological Documents of China (in Chinese with English abstract)
3. Du Ronghuan, 1980, Mudflows in China, Physical Geography of China Chapter 10, (Geomorphology), Publishing House for Sciences of China (in Chinese)
4. Du Ronghuan, Zhang Shucheng, 1981, Characteristics of Glacial Mudflows in Southwestern Quighai—Xizhang (Tibet) Plateau, Glacier and Frozen earth, Vol. 3, N 3 (in Chinese with English abstract)
5. Li Deji, 1981, Debris Flow along Some Highways of Qinghai—Xizhang Plateau and Their Prevention and Control. Collected Papers on Debris Flow (N 1), Chongqing Branch of Publishing House for Scientific and Technological Document of China (in Chinese with English abstract)
6. Du Ronghuan, Zhang Shucheng, 1982, Mudflows along Chuan—Zhang Highway and Their prevention. Collection by Lanzhou Institute of Glacier and Frozen Earth of Chinese Academy of Sciences, N 4, Publishing House for Sciences of China
7. Du Ronghuan and others, 1982, Formation and Development of the Mudflowing Guziang Gully of Xizhang. Collection by Lanzhou Institute of Glacier and Frozen Earth of Chinese Academy of Sciences, N 4, Publishing House for Sciences of China
8. Tang Bagxing and others, 1981, Mudflows in Xizhang (Tibet). Collected Papers on Debris Flows (N 1), Chongqing Branch of Publishing House for Scientific and Technological Documents of China (in Chinese with English abstract)
9. Yang Junjie, 1981, Characteristics of Mudflows along Cheng—Kun Railway and Their Prevention, Proceedings of Forum on Geomorphology Convened by Geographical Council of China in 1977, Publishing House for Sciences of China. p. 193—203 (in Chinese)

10. Chang Xinbao, He Shufen, 1981, A Preliminary Study on the Material Composition of Debris Flows in Hunshui Gully. Collected Papers on Debris flows (N 1), Chongqing Branch of Publishing House for Scientific and Technological Documents in China, p. 69 (in Chinese with English abstract)
11. Yang Qingxi, Chen Bingxian, 1981, Landslide-induced Debris in Dengqian River, Lianghe, Yunnan and Their Control. Collected Papers on Debris Flows (N 1), Chongqing Branch of Publishing House for Scientific and Technological Documents of China, p. 108-111. (in Chinese with English abstract)
12. Chen Jingri, 1981, Forest Vegetation and Activity of Debris Flow. Collected Papers on Debris Flows (N 1), Chongqing Branch of Publishing House for Scientific and Technological Documents in China, p. 36-39 (in Chinese with English abstract)
13. Chou Bifan and others, 1981, Classification of Debris Flows in the Watershed of Liusha River, Hanyuan, Sichuan and Principle of Controlling Them, Chongqing Branch of Publishing House for Scientific and Technological Documents of China, p. 36-69 (in Chinese with English)
14. Gansu Institute of Traffic Science and Lanzhou Institute of Glacier and Frozen Earth of Chinese Academy of Sciences, 1981, Highway Engineering in the Mudflow Area, Publishing House of People Traffic, p. 92-162 (in Chinese)
15. Wang Chenghua, Zhou Bifan, 1981, Silt-trap Dams Stabilize Landslides. Proceedings of Forum on Geomorphology Convened by Geographical Council of China in 1977, Publishing House for Sciences of China, p. 215-218 (in Chinese)
16. Li Jian, Wu Jinan, 1981, An Analysis on the Formation Condition of Debris Flow in the Jiangjia Gully, Dongchuan, Yunnan, Collected Papers on Debris Flows (N 1), Chongqing Branch of Publishing House for Scientific and Technological Documents of China, p. 26-28 (in Chinese with English abstract)
17. Luo Defu, Li Jian, 1981, Debris Flows and Natural Conservation. Collected Papers on Debris Flows (N. 1), Chongqing Branch of Publishing House for Scientific and Technological Documents of China, 50 p. (in Chinese with English abstract)
18. Zhong Dunlun and others, 1981, A Preliminary Study on Mine Debris Flows, Collected Papers on Debris Flows (N 1), Chongqing Branch of Publishing House for Scientific and Technological Documents of China, p. 43-48 (in Chinese with English abstract)
19. Tian Lianquan and others, 1981, A trial Discussion on the Formative Processes of Debris Flows. Collected Papers on Debris Flows (N. 1), Chongqing Branch of Publishing House for Scientific and Technological Documents of China, p. 54-56. (in Chinese with English abstract)

Г л а в а 1 5

ЗАЩИТА ДОРОГ И ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ ОТ ОПОЛЗНЕЙ ВО ФРАНЦИИ

С 1960 по 1982 гг. во Франции было проложено около 5 тыс. км автомобильных дорог. Строительство проводилось в сложных геологических условиях, не всегда пригодных для прокладки автотрасс, что обусловило проведение большого объема инженерных работ как путем срезки поверхности, так и возведением насыпей. Кроме того, размещение автодорог вблизи населенных пунктов привело к тому, что они оказались в зоне неустойчивых склонов или же в заболоченных местностях. Эти факторы обусловили возникновение проблем, связанных со стабилизацией склонов, изучением и применением на практике разнообразных средств по защите и улучшению окружающей среды.

Оползневые процессы являются общей проблемой как для строительства новых дорог, так и для поддержания недавно построенных и старых коммуникаций [8]. Подобное положение наблюдается также и при строительстве железных дорог, протяженность которых в различных геологических формациях, подверженных интенсивным оползневым процессам, составляет около 33 тыс. км. Интенсивность этих процессов настолько высока, что приводит к деформации путей, легко нарушая движение поездов. Вот почему необходимы меры по обеспечению высокого уровня безопасности [3].

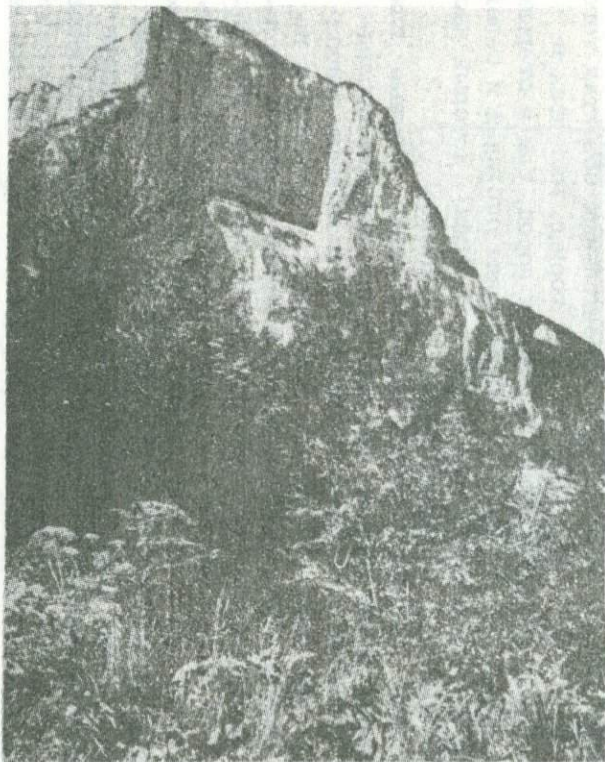


Рис. 15.1. Разрушения, происшедшие на дорогах и строительных объектах в районе г. Монт Гранье
1а. Обвал горы Монт Гранье; 1.в.с. Разрушения на других объектах того же района



Рис. 15.2. Сель в районе Понт а Мафрей (Савойя)

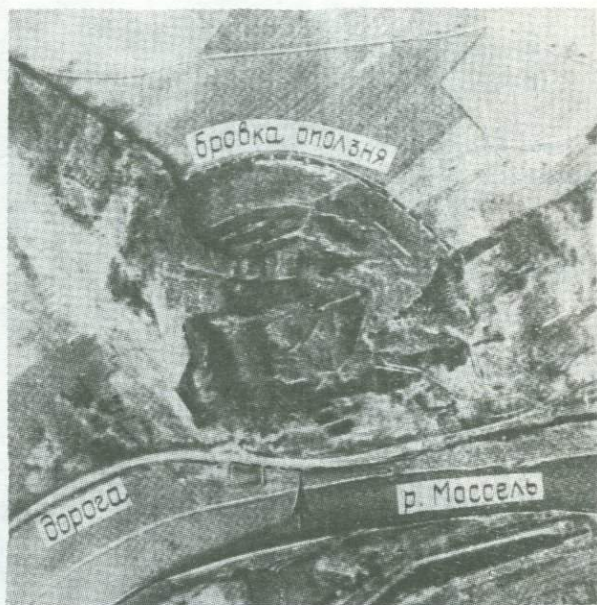


Рис. 15.3. Аэрофотоснимок оползня в районе Корни

Территория Франции имеет сложный рельеф, представленный самыми разнообразными геологическими формациями, которые в сочетании со средним количеством осадков (порядка 700 мм в год) приводят к образованию разнообразных смещений грунтов. Эти смещения можно объединить в следующие основные виды: обрушения, оползни и сели. Горные массивы, такие, как Альпы, Пиренеи, Центральный Массив, Юра, Вогезы и т.д. осадочного или вулканического происхождения, естественно характеризуются обрушениями скальных пород всевозможных видов и размеров. В качестве примера можно привести обвал горы Монт Гранье (1248 г.), которая в настоящее время представляет собой уступ с поверхностью смещения около 1 тыс. м (рис. 15.1,а). Другим примером являются недавние разрушения, происшедшие на дорогах и строительных объектах того же района, как показано на рис. 15.1,б и 15.1,в [4]. В этих горных массивах в равной степени представлены как новые районы смещения горных пород, так и старые, которые постоянно представляют опасность в смысле образования оползней и селей. На рис. 15.2 показан грязевой поток в районе Понт а Мафрей (Савойя), который часто активизируется, перерезая автостраду и железную дорогу в Италию.

Парижский и Аквитанский бассейны осадконакопления включают очень плотные глины, которые являются неустойчивыми. Некоторые из них претерпели влияние последнего европейского оледенения, вследствие чего сформировались неустойчивые природные склоны, например, лейассовое обрамление Парижского бассейна, в частности, на востоке Франции и в Бургундии. Рис. 15.3 представляет собой аэрофотоснимок оползневых явлений в районе Корни (между Нанси и Мецем) на площади в 36 га. Регулярное проявление оползневых смещений Корни является причиной повреждений строительных объектов и автомобильной дороги, где намечено строительство противооползневых сооружений, а также повреждений искусственного русла реки. Молассовые отложения в районе Ажнэ (Бордо-Тулуза), в частности, вдоль реки Гаронны, претерпели сильные изменения и продолжают представлять опасность с точки зрения оползневых процессов (рис. 15.4).

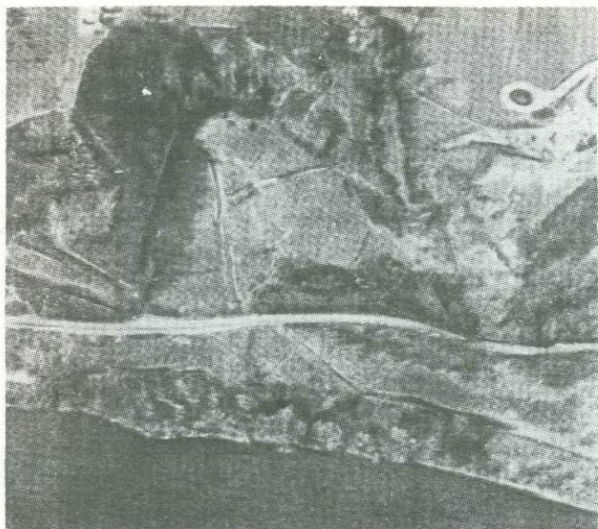


Рис. 15.4. Оползень в молласовых отложениях в районе Аниэ (Бордо-Тулуза), вдоль р. Гаронна

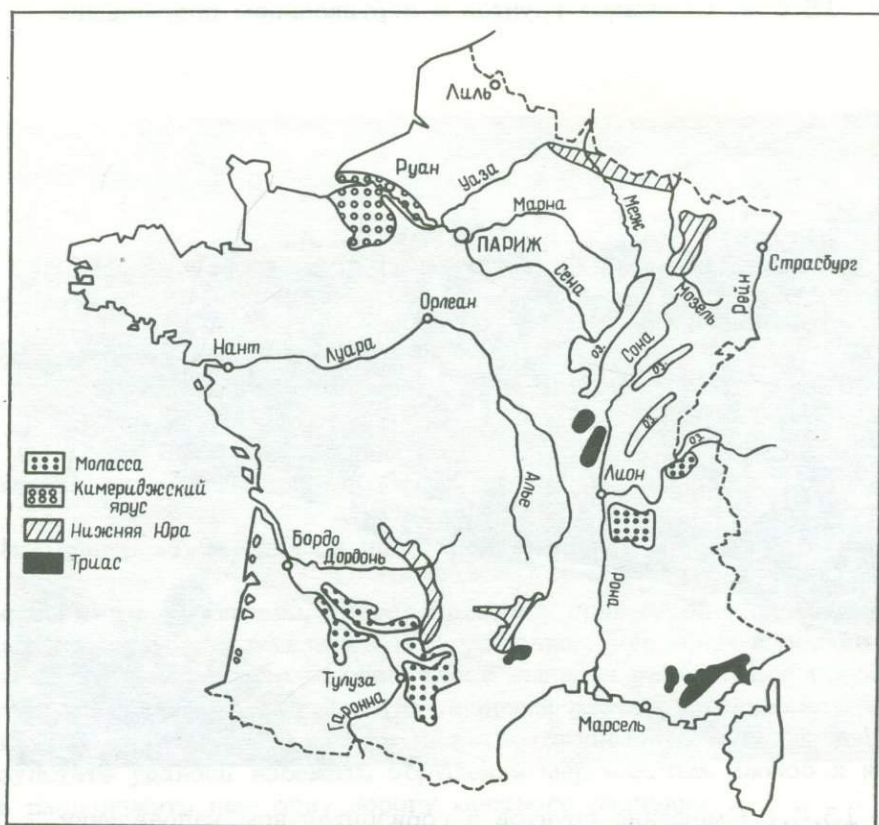


Рис. 15.5. Схема распространения неустойчивых склонов во Франции, где требуется проведение противооползневых мероприятий при строительстве дорог

На сводной карте Франции (рис. 15.5) показаны основные районы распространения естественных неустойчивых склонов, которые требуют создания противооползневых защитных сооружений при строительстве транспортных коммуникаций. Не прибегая к обобщению **всего** опыта по возведению противооползневых сооружений, дается описание методов строительства, при которых достигается коэффициент безопасности, равный или более 1,5. Устойчивость откоса траншеи определяется степенью уплотнения грун-

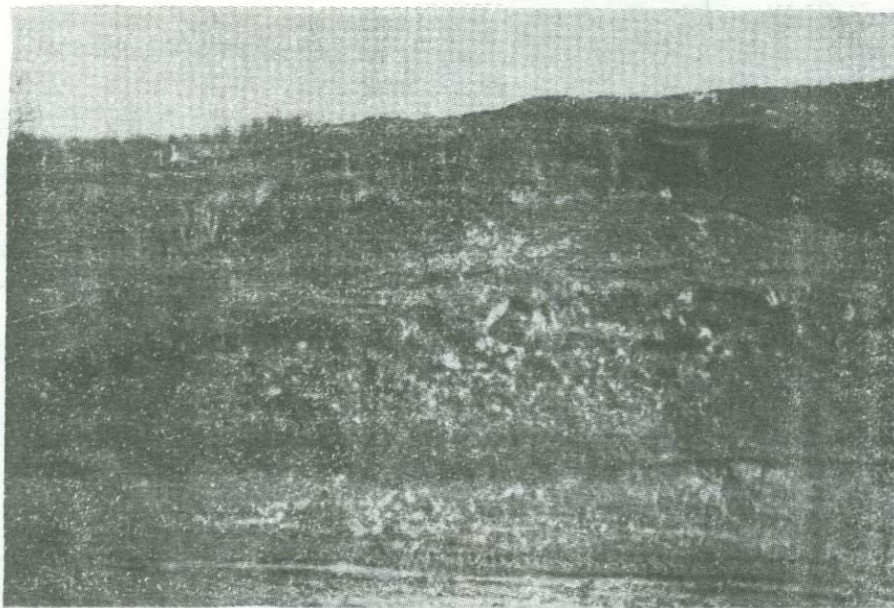


Рис. 15.6, а. Смещение грунтов в вертикальном направлении

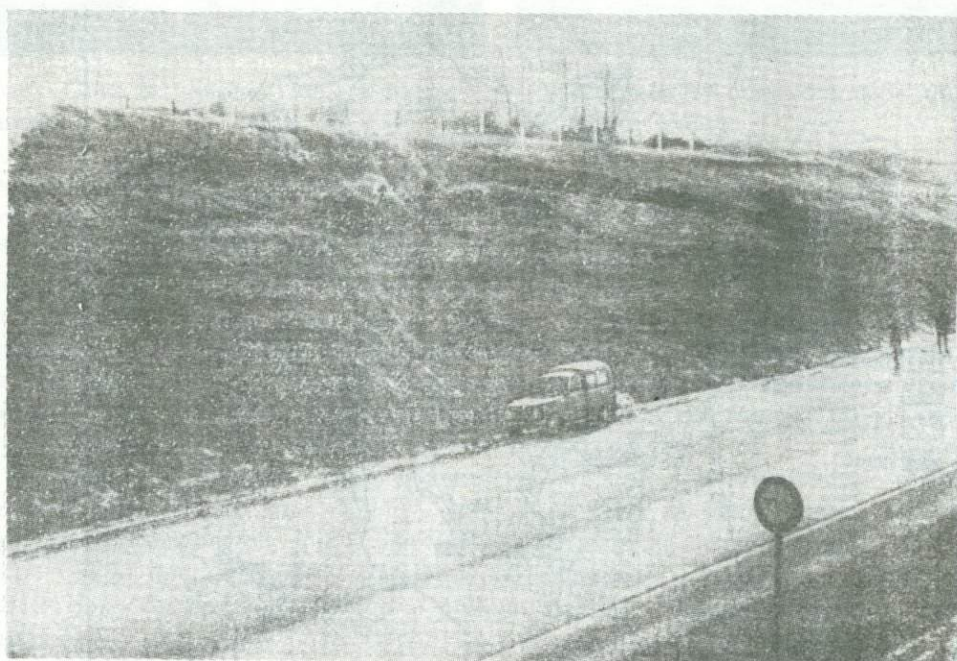


Рис. 15.6, б. Смещение грунтов в горизонтальном направлении

та, углом откоса и проницаемостью почв [13]. Исходя из местных геологических условий, оползневые процессы могут сопровождаться смещением грунтов как в вертикальных, так и в горизонтальных направлениях (рис. 15.6,а, 15.6,б). С целью предотвращения ущерба в результате оползания откосов проводятся предупредительные меры, такие, как придание откосу нужного угла заложения, дренаж, а также установка укрепляющих сооружений (контрфорсы, анкерные крепления).

При перепланировке откоса угол его заложения рассчитывается, исходя из механических свойств грунта и его гидрогеологических характеристик. Такой метод был применен при стабилизации склона, подверженного оползням при строительстве шоссе А7 на Роньяк, недалеко от Этан де Бэр [5]. Поскольку в этой зоне уже имелось боль-

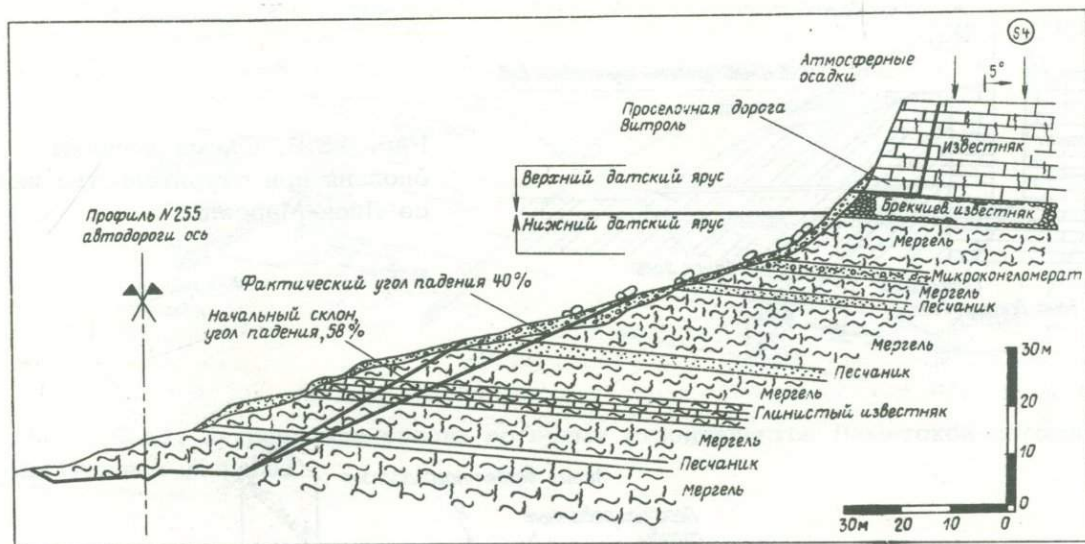


Рис. 15.7. Опыт стабилизации оползневого склона при строительстве шоссе А7 на Роняк

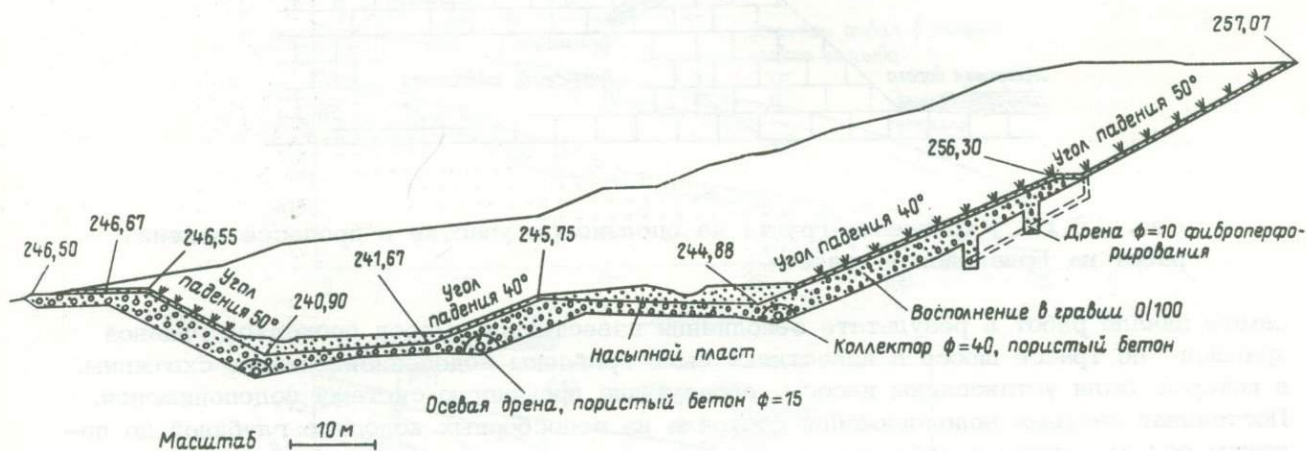


Рис. 15.8. Дренаживание оползня при строительстве шоссе Лион-Марсель

шее количество путей сообщения, трассу пришлось прокладывать на склоне высотой около двадцати метров, и крутизной 58°, сложенном мергелем и песчаником (рис. 15.7). Сильные дожди во время строительства шоссе вызвали интенсивное оползание этого склона, как показано на рис. 15.1, в. Проведенный расчет устойчивости склона с изменением внутрипорового давления указал на необходимость выполаживания склона до 40%. В результате удалось избежать обрушения мергелистых блоков и на более широкой террасе расположить еще одну дорогу местного значения.

Дренаживание является эффективным средством укрепления откосов в том случае, когда гидрогеологические условия влияют на оползневые процессы. Значительные оползни наблюдались при строительстве шоссе Лион-Марсель, вблизи от Валанса (рис. 15,8, 15.9) при проходке траншеи глубиной около тридцати метров в осадочных породах, представленных известняком и метаморфизованным мергелем с прослоями плотной глины и супеси. Стабилизация была достигнута путем прекращения доступа грунтовых вод к откосу с помощью противофильтрационной завесы, длиной 5 м, расположенной вдоль траншеи (рис. 15.8). Иногда глубина заложения траншеи регулируется в зависимости от глубины глинистого водоупора. Этот способ был применен при прокладке трассы Лос-сальского шоссе, соединяющего Париж и Лион, на участке к северу от Лиона. На рис. 15.9 показана схема такой траншеи, откосы которой оказались неустойчивыми в

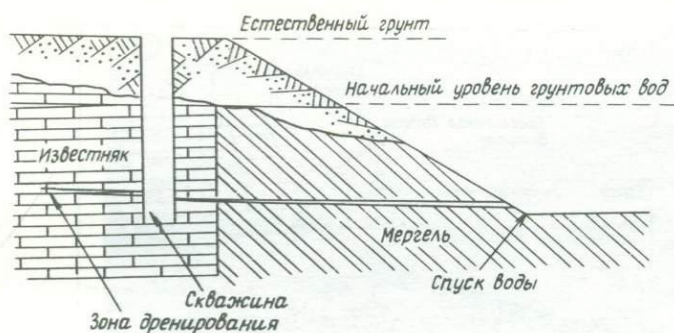


Рис. 15.9. Схема дренажа оползня при строительстве шоссе Лион-Марсель



Рис. 15.10. Укрепление грунта на оползневом участке в процессе ведения работ на Бриалейской трассе

самом начале работ в результате обводнения известняков. Перед проходкой главной траншеи по трассе шоссе в известняке были пройдены водопонижительные скважины, в которые были установлены насосы, образующие временную систему водопонижения. Постоянная система водопонижения состояла из водосборных колодцев глубиной до подошвы откоса, которые собирали грунтовые воды, перехваченные водопонижительными скважинами. Эта система глубокого осушения функционирует в настоящее время без принудительной откачки, под действием сил гравитации.

Для того, чтобы добиться стабилизации ослабленной зоны оползневом участке, используют различные укрепления грунта [14], как, например, забивка металлических труб или анкеров. Подобного рода методы употребляются в основном только в тех местах, где оползневые процессы не вызвали полного разрушения объекта строительства и где методы перепланирования откосов или водопонижения не пригодны. Например, в процессе ведения работ на Бриалейской трассе (рис. 15.10), где перекрывающие породы представлены илистыми отложениями, возникла угроза оползания и разрушения железнодорожных путей внизу и жилых зданий на бровке откоса. Укрепление откоса производилось путем забивки наклонных металлических труб диаметром 50 мм, связанных поперечными стальными прутками диаметром 16 мм, с последующим заполнением внутреннего пространства цементом. Трубы забивались по всей предполагаемой поверхности кольчения, клеткой 2 × 2 м с целью увеличения трения до уровня, необходимого для задержания оползня. Армирование и бетонирование склона производят с целью предотвращения оползания поверхностного слоя, а также, чтобы лучше закрепить сваи между собой и распределить сопротивление сдвигающих усилий массива. В случае, если сдвигающие усилия очень велики, закрепление свай подобным образом не оказывает достаточно сдерживающего влияния, и возникает необходимость в устройстве контрфорсов.

Во время строительства Даметской автомагистрали (Анеси-Женева, Рис. 15.11) возникла аналогичная проблема при укреплении откоса, сложенного песчаником с линзо-

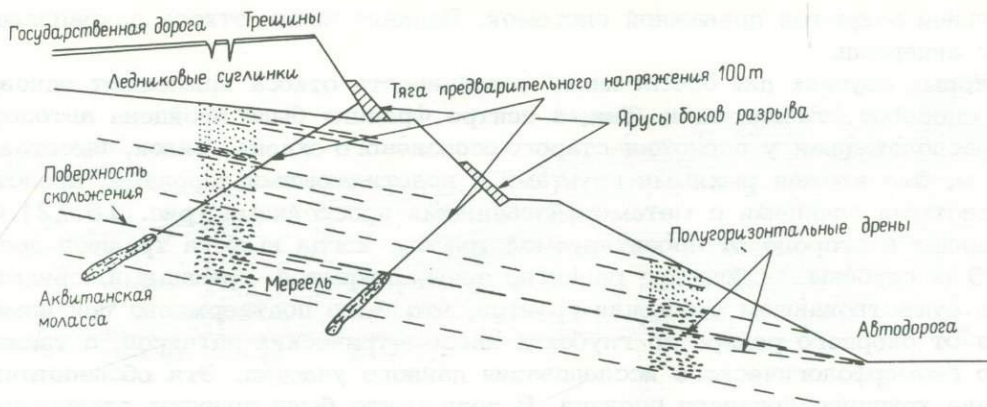


Рис. 15.11. Закрепление склона во время строительства Даметской автомагистрали (Аннеси-Женева)

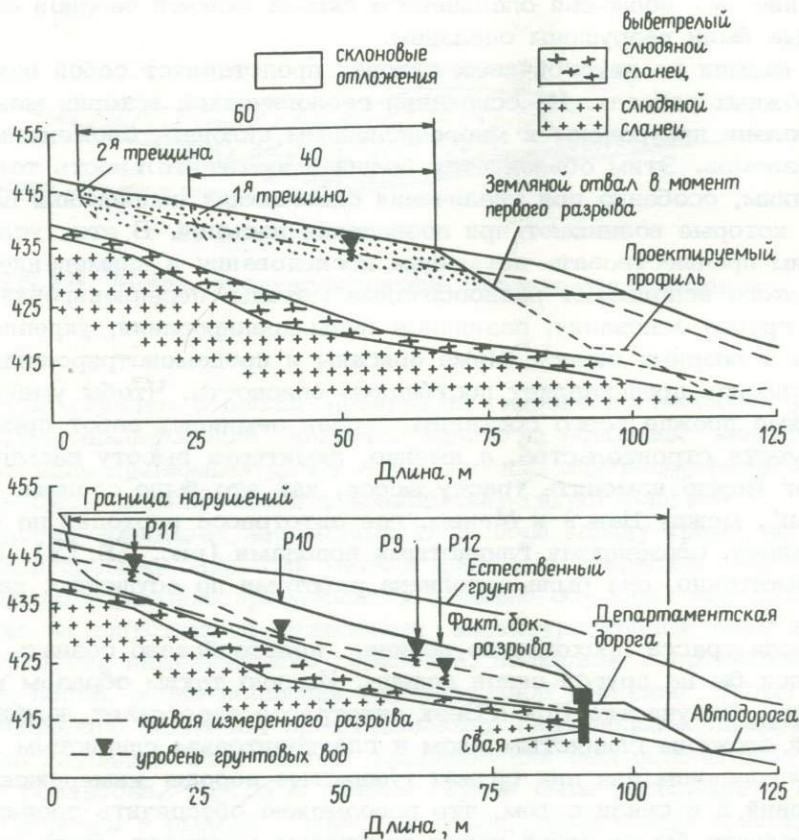


Рис. 15.12. Траншея на оползневом склоне, сложенном рыхлыми грунтами

видными включениями. Последние вызвали образование вертикальных трещин над поверхностью скольжения. В связи с тем, что на бровке этой траншеи располагалась еще одна дорога, а также ввиду невозможности изменить угол откоса строители вынуждены были использовать подпорные стенки и предварительно напряженные железобетонные контрфорсы. Таким образом, удалось выполнить этот проект, создав необходимые противодействующие усилия, предотвращающие скольжение и растрескивание откоса. Контрфорсы создавали противодействующее усилие 80 т каждый и были расположены на расстоянии 4 м друг от друга. Глубина анкеровки в осадочных породах составляла 20 м. Они комбинировались с поддерживающими стенками из железобетона, а также с

горизонтальной закрытой дренажной системой. Верхняя часть откоса закреплялась облицовкой с анкерами.

В некоторых случаях для обеспечения устойчивости откоса применяют одновременно несколько способов стабилизации. Так, в центре Франции была пройдена автодорожная траншея, расположенная у подножья старого оползневого склона. Склон, высотой примерно 20 м, был сложен рыхлыми грунтами с подстилающими породами, представленными слюдястыми сланцами с метаморфизованными прослойками (рис. 15.12). Оползень произошел в стороне от проектируемой трассы, когда выемка траншеи достигла примерно 5 м глубины. Обширное развитие зоны, покрытой трещинами, свидетельствует о ранее существовавшем смещении грунтов, что было подтверждено при измерении расстояния от опорного репера до глубоких пьезометрических датчиков, а также путем повторного геоморфологического исследования данного участка. Эти обследования выявили наличие крупного древнего оползня. В результате были приняты следующие необходимые меры по укреплению склона:

- перепланировка оползневого склона до глубины 10 м;
- применение закрытого горизонтального дренажа для осушения метаморфизованных слюдястых сланцев;
- установление у подножья оползневого склона мощной опорной стенки вместо ряда свай, которые были разрушены оползнем.

Возведение насыпи на неустойчивых склонах представляет собой один из сложных этапов при дорожных работах. На основании геологической истории можно предположить, что древние оползни приурочены к многочисленным склонам, сложенным глинами, вдоль поверхности разломов. Этим объясняется большая чувствительность таких склонов к любым нарушениям, особенно при увеличении сдвигающих напряжений вдоль поверхности ослабления, которые возникают при возведении насыпей. В этих условиях строительству должны предшествовать детальные исследования и применение предупредительных мер. Для этого используют разнообразные методы: перепланировка откоса, частичная замена грунта основания, различные виды дренирования, укрепление откоса при помощи анкеров и опорных стенок. Ниже описаны и продемонстрированы эти приемы.

Оползание склонов представляет постоянную опасность. Чтобы уменьшить эту опасность, необходимо прежде всего составить план земляных работ применительно к особенностям места строительства, а именно, лимитируя высоту насыпи. Так, при прокладке автодорог можно изменять трассу шоссе, как это было сделано в местечке "М Шато су-Клеван", между Нанси и Мецем, где автотрасса проходит по естественно неустойчивому склону, сложенному глинистыми породами (рис. 15.13). Но этой меры оказалось недостаточно, она была дополнена работами по осушению, которые будут описаны ниже.

В случае, если трасса проходит по долине, целесообразно создать боковой упор, который опирался бы на другой склон долины. Именно таким образом расположена дорога на Нормандию. На участке Пон л'Эвек автотрасса пересекает ложбину Ботантой, склоны которой сложены глинистым илом и глауконитовым глинистым песчаником альбского яруса. Основанием для них служат глинистые породы кимерджского яруса. Исходя из данных условий и в связи с тем, что невозможно обеспечить дренирование грунтов, так как это повлекло бы за собой новые ползневые смещения, были приняты следующие меры (рис. 15.14): - дренаж массива, насыпанного на обводненные грунты; - установление поперечного упора, препятствующего сдвигу.

Иногда при проявлении оползневых процессов традиционные методы стабилизации склонов, такие, как дренирование грунта и другие, становятся недостаточными. Тогда прибегают к такому способу, как частичная замена грунта подошвы и поврежденной поверхности таким образом, что угол внутреннего трения вдоль поверхности скольжения увеличивается с $12-15^\circ$ до $35-40^\circ$. Для того, чтобы избежать новых оползневых смещений, которые могут возникнуть при выемке грунта перед его заменой при проведении этих работ, требуются серьезные меры предосторожности (обычно прибегают к выемке грунта участками). Этот метод был использован в Уданго, на юго-востоке от Парижа, где серьезные оползневые смещения повредили только что построенную автотрассу (рис. 15.15,б). В конечном итоге была произведена частичная замена глинистых грунтов (рис. 15.15,а) у подножья склона, в котором произошел оползень.

Оползневые явления как естественных склонов, так и искусственных насыпных соо-

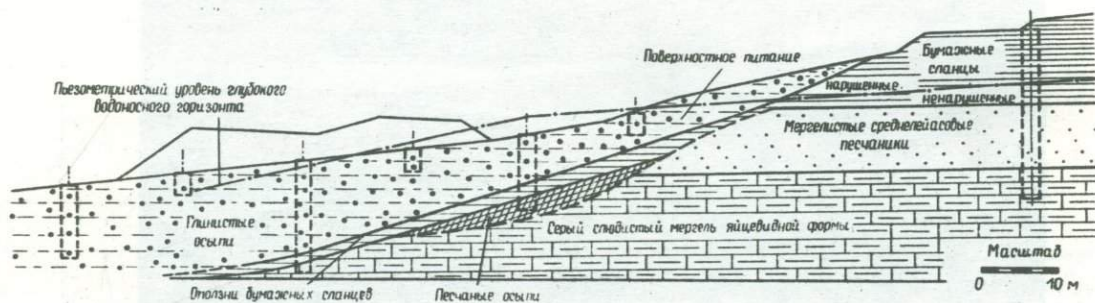


Рис. 15.13. Неустойчивый склон, сложенный глинистыми породами, в местечке "Шато Су-Клеван"

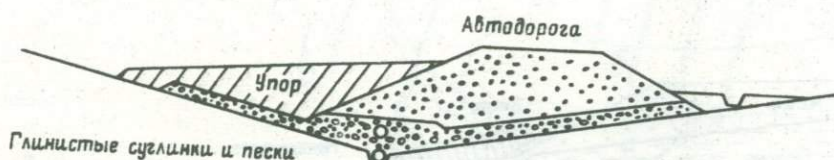


Рис. 15.14. Меры, предупреждающие оползневые смещения

ружений почти всегда связаны с неблагоприятными гидрогеологическими условиями [18]. В связи с этим дренирование является одним из основных методов защиты от оползней. Основная цель дренажных работ – уменьшение внутрипорового давления. Такой дренаж должен быть приспособлен к конкретным гидрогеологическим условиям. Исходя из этой задачи, возникает необходимость выбора между тремя типами дренажных работ: открытый дренаж, закрытый мелкий дренаж и закрытый глубокий дренаж. Дренирование верхнего горизонта производится с целью осушения верхних слоев рыхлых пород с тем, чтобы не допустить проникновение инфильтрационной воды в осенне-зимний период к поверхности нижележащего горизонта, поскольку в противном случае последний насыщается водой, резко поднимая внутрипоровое давление. Чтобы избежать увеличения внутрипорового давления, прокладываются параллельные дренажные траншеи в несколько метров глубиной. Этот метод дренирования был использован на дороге 464, недалеко от Безансона. Трасса в данном случае была расположена в толще метаморфизованного мергеля и рыхлых глинистых пород, содержащих известковые блоки оксфордского и роракского ярусов. Дождевая вода скапливается в массиве, затем, попадая в осадочные породы, образует верхний водоносный горизонт. В 1970 г. на этом шоссе произошел оползень объемом 800 тыс. м³, повредив 400 м дороги. Проведенные обследования оползневой поверхности и характеристики максимального сопротивления грунта сдвигающим усилиям, выявленные в лабораторных условиях и в результате изучения гидрогеологического режима, позволили объяснить активизацию данного процесса. Был сделан вывод, что поддержание низкого уровня грунтовых вод сможет обеспечить коэффициент устойчивости, равный 1,4. Дренаж этого участка осуществлялся при помощи поперечно-склоновой системы дренажных траншей 4 м глубины, расположенных на расстоянии 20 м друг от друга, как указано на рис. 15.16. Осушение дало хорошие результаты, так как насыпь и в настоящее время находится в стабильном состоянии.

Если верхний слой представлен неоднородными проницаемыми глинами, имеет место боковой приток в массив склона. В данном случае эффективны глубокие продольные

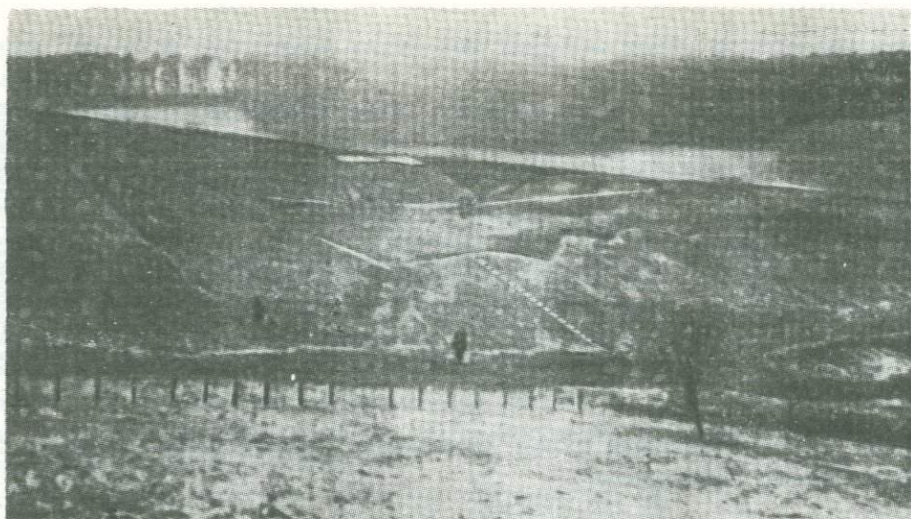


Рис. 15.15,а. Повреждение оползневыми смещениями автотрассы в Удано (к юго-востоку от Парижа)

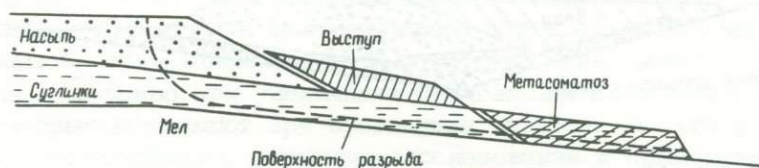


Рис. 15.15,б. Частичная замена глинистых грунтов, в которых произошел оползень

траншеи. Однако классические способы строительства дорог делают этот способ чрезвычайно сложным. Поэтому при прокладке дренажной траншеи устанавливают облицовочные фильтрующие стенки [6]. Установка этих фильтрующих экранов осуществляется примерно так же, как и обычных сборных облицовочных плит (рис. 15.17). Экскаватор с грейферным ковшом заполняет затем траншею дренирующим материалом. В случае, если иллыстые частицы подвержены биоразложению, они не засоряют экраны и дренирующий материал. При этом обеспечивается хорошее качество защиты грунта. Этот метод можно проиллюстрировать на примере стабилизации оползневого участка на недавно построенной дороге в Парижском районе (рис. 15.18), неустойчивость естественного склона которой проявилась в результате строительных работ. Экраны в данном случае позволили существенным образом понизить уровень грунтовых вод у подошвы склона. Коэффициент устойчивости увеличился на 15%, а оползневые явления полностью прекратились. Объездной путь можно было закрыть и использовать новую трассу. В некоторых случаях оползни происходили на склонах с очень неровной поверхностью, и применение подобных способов дренажа оказалось затруднительным. В 1977 г. недалеко от Нишсы активизировался крупный оползень, который во время строительства дороги повредил часть насыпи. На рис. 15.19 показана амплитуда смещения оползневых масс: некоторые точки переместились примерно на 50 м [11]. Наличие проницаемых участков грунта в малопроницаемом мергелевом пласте явилось причиной этого оползня. Перенасыщенность проницаемых участков водой в дождливый период привела к инфильтрации воды к поверхности нижележащего известнякового пласта. После многочисленных и бесплодных попыток обеспечить локальный дренаж было решено пройти глубокую траншею поперек склона глубиной около 12 м, которая являлась коллектором для водоносных горизонтов. На рис. 15.19 показан участок, пора-

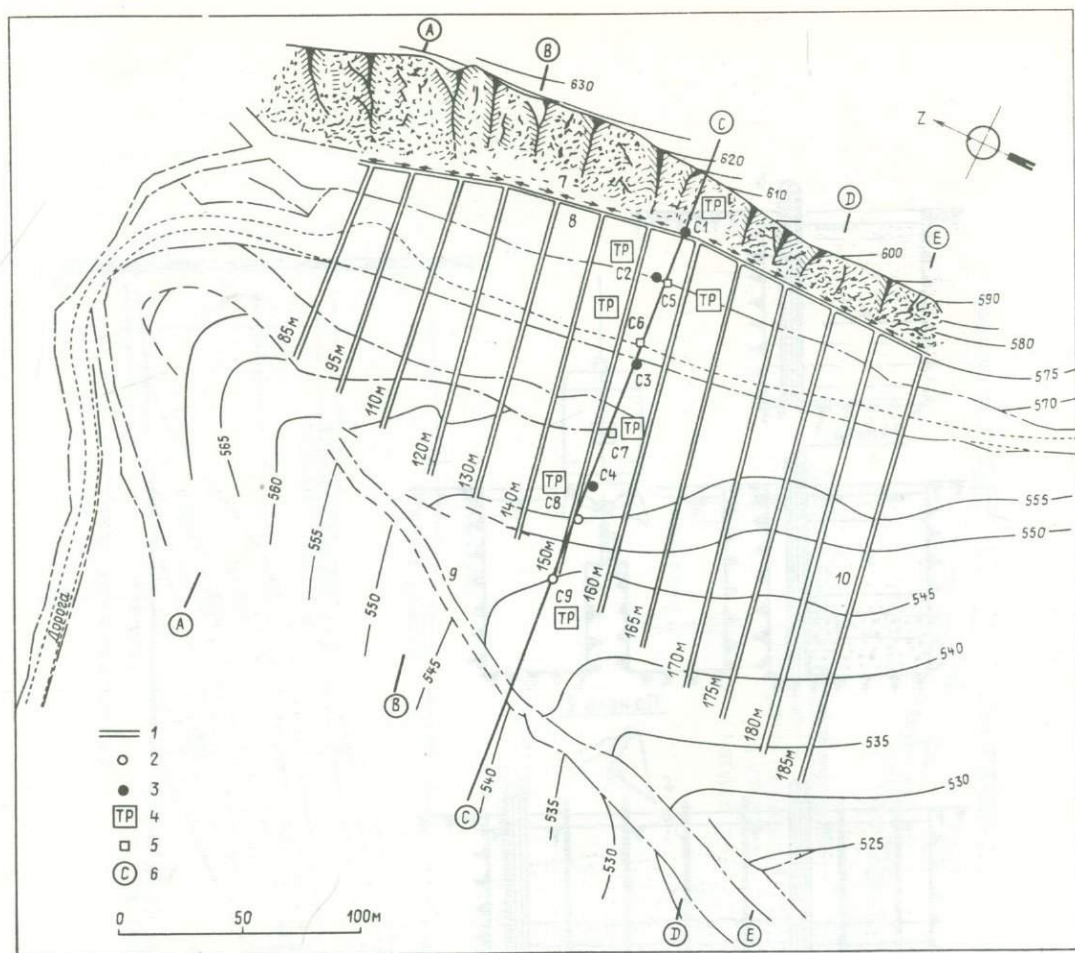


Рис. 15.16. Дренаж участка оползневого склона при помощи поперечно-склоновой системы дренажных траншей: 1 - дренажная система; 2 - скважины, пробуренные ложкой; 3 - бурение с керном; 4 - пьезометрическая скважина; 5 - скважины, пробуренные кареткой; 6 - линия разреза.

женный оползем, активизировавшимся во время ведения земляных работ. Геотехнические обследования свидетельствуют о том, что причина активизации оползней кроется в основном подстилающем горизонте, который перекрывается рыхлыми осадочными породами и слабопроницаемыми грунтами насыпи. Насыщение грунтов водой вызывает увеличение внутрипорового давления в перекрывающем массиве. Для решения этой проблемы необходим глубокий дренаж основного горизонта. Ниже будут рассмотрены примеры понижения грунтовых вод, при помощи различных систем осушения: колодцев и закрытого горизонтального дренажа, а также при помощи галерей и лучевых водозаборов.

Область Шато сү-Клеван, где проходит дорога между Нанси и Мец, характеризуется наличием глинистого пласта мощностью примерно 10-20 м, который перекрывается метаморфизованным мергелем и песком (рис. 15.20). Последний является артезианским водоносным горизонтом [10]. Дренаживание этого горизонта осуществлялось при помощи верхнего колодца глубиной 20 м, в нижней части которого в песчаниках пробурены горизонтальные дрены, длиной от 50 до 75 м. Аналогичный колодец, расположенный ниже, обеспечил отвод дренируемой воды к двум коллекторам. Понижение уровня в песчаниках на 7 м способствовало общему уменьшению внутрипорового дав-

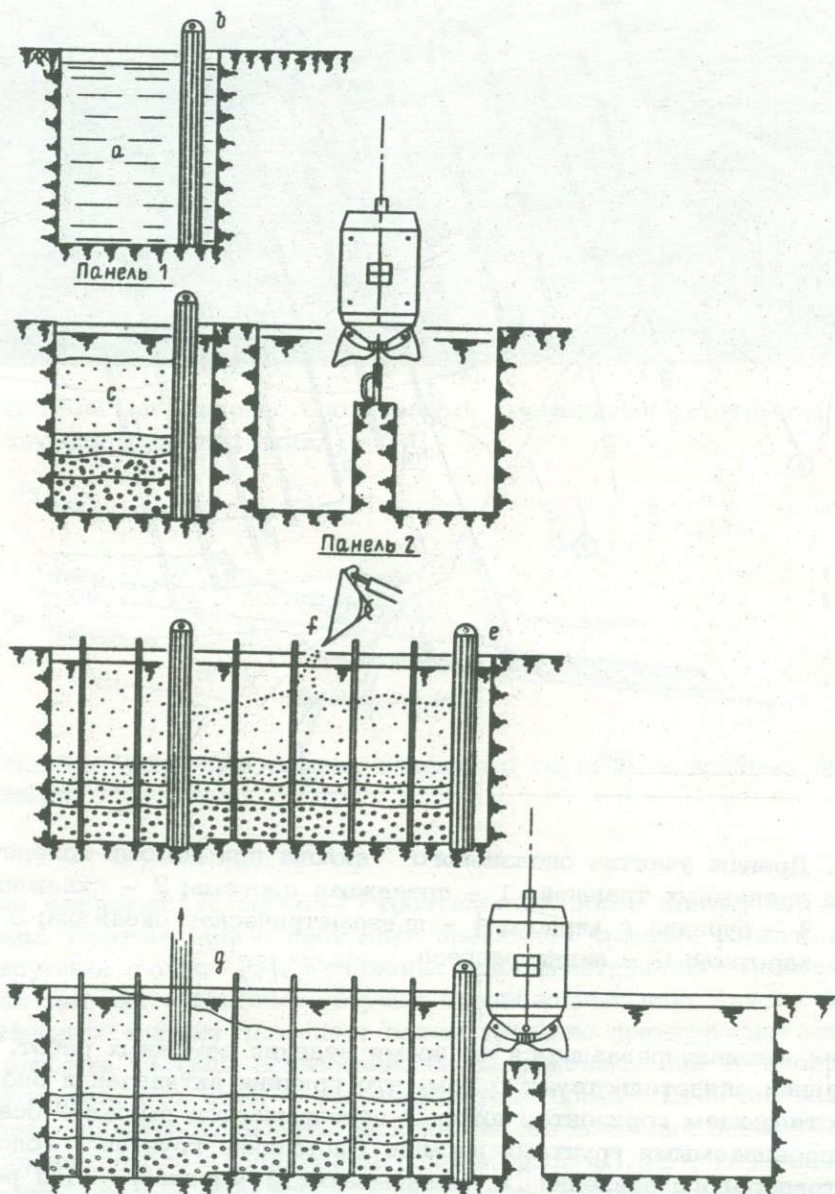


Рис. 15.17. Установка фильтрующих экранов при прокладке дорожной траншеи

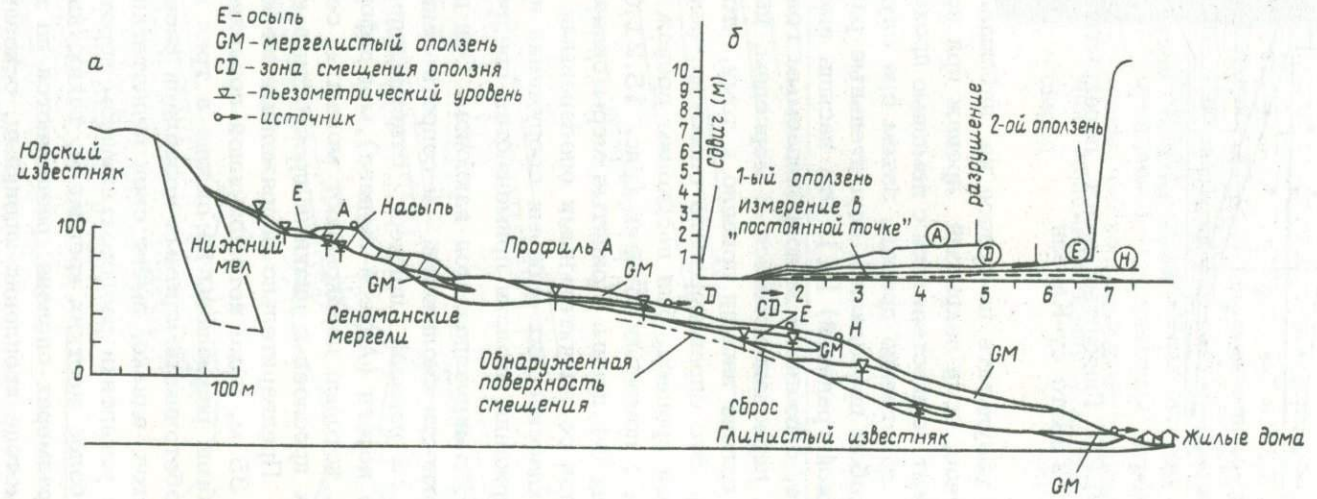
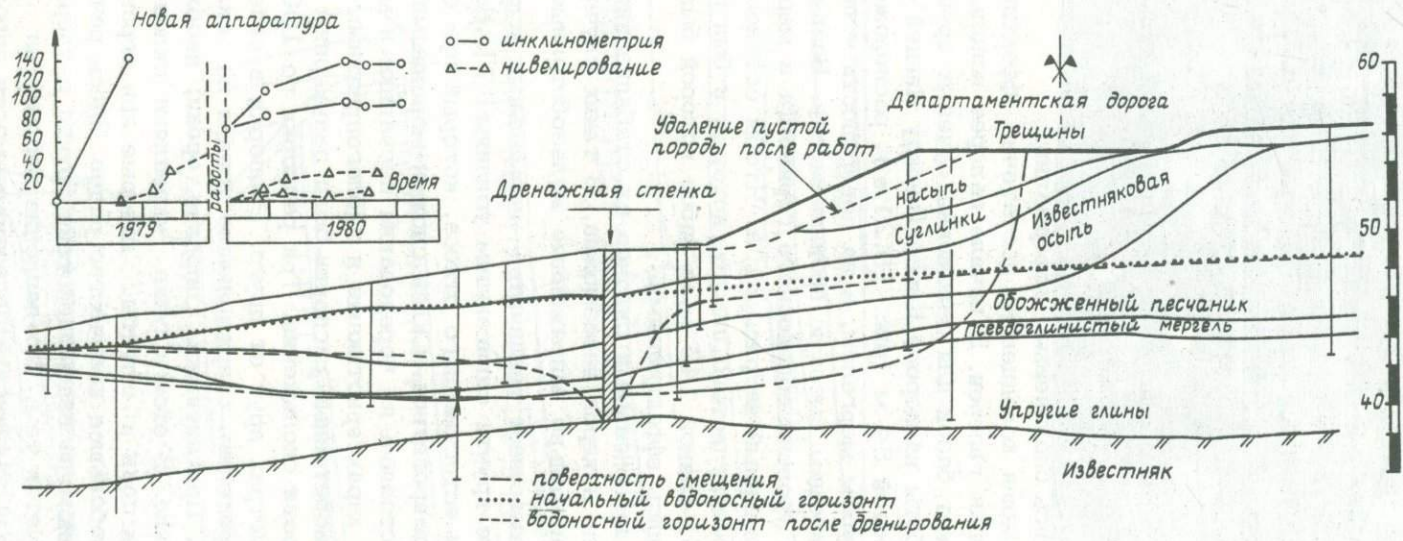


Рис. 15.18. Пример закрепления оползневого участка на дороге в Парижском районе.
 Рис. 15.19. Смещение оползневых масс крупного оползня недалеко от Ниццы

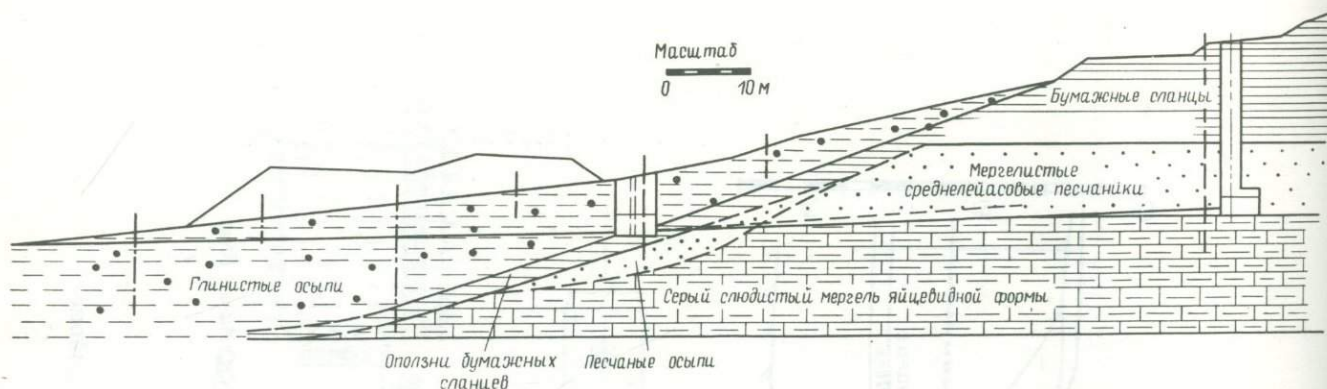


Рис. 15.20. Глинистый пласт, перекрытый метаморфизованным мергелем и песком в области Шато су-Клеван

ления. В результате на трассе не наблюдались оползневые деформации.

В случае, если закрытый дренаж при помощи колодцев не достаточно эффективен, то он может осуществляться с помощью проходки галереи. В начале галерея используется как собственно дренаж, затем она служит базой для заложения лучевых дрен. Таким способом проводились осушительные работы на дороге Киосс (между Нищей и итальянской границей) [1]. Эта насыпь высотой 54 м (рис. 15.21, а), расположена на откосе, сложенном малопроницаемым голубым мергелем, а на поверхности — песчаником, переслаивающимся с мергелем, имеющим высокую проницаемость. Возведение на этом склоне насыпи привело к тому, что уровень водоносного горизонта в мергеле поднялся. Это спровоцировало оползень, показанный на рис. 21, а. Чтобы остановить оползневой процесс, был необходим дренаж мергелистого пласта, который и был осуществлен с помощью галереи (рис. 15.21, б) длиной 145 м, в забое которой были пробурены 64 дрены. Принятые меры оказались эффективными.

В связи со значительными оползневыми деформациями склонов их стабилизация при помощи классических опорных сооружений или анкеров невозможна. В таких случаях для задержания оползня применяются предварительно напряженные железобетонные контрфорсы, установленные под наклоном. Они позволяют увеличить нормальные усилия на поверхности скольжения и сопротивление грунта сдвигающим усилиям [7]. На рис. 15.22 показан пример стабилизации естественного откоса, который при строительстве дороги (Аннеси-Женева), мог деформироваться. Склон сложен моренными глинами, которые перекрывают молассы, состоящие из чередования песчаника и мергелистых прослоев с низкими прочностными характеристиками и неблагоприятным падением. Предварительно напряженные железобетонные распорки были заанкерены на глубине 35 м, ниже потенциальной поверхности скольжения. Три распорки по 100 т каждая были размещены на склоне в трех метрах друг от друга. Распорки в сочетании с железобетонными плитами позволили распределить сдерживающие усилия на склоне. Этот метод, однако, имеет свои недостатки. При активном оползне, сроки, необходимые для установки распорок, слишком короткие. В этом случае укрепляют склон при помощи более жестких креплений, таких, как сваи и шпунты, которые при ограниченных размерах оползня, разделяются на небольшое количество рядов. Здесь речь идет о методе крепления шпонками, основанном на взаимодействии грунта с удерживающими сооружениями, которое характеризуется тем, что давление оползня на сваи вызывает реакцию последних, достаточную для увеличения сопротивляемости пород сдвигу и тем самым повышения устойчивости склона. Этот метод был использован для укрепления железнодорожной насыпи, проходящей по естественному склону [2]. Оползень произошел на линии Париж-Марсель, под Парижем в Боси-Сент Антуан (рис. 15.23). Чтобы повысить сопротивление сдвигу в слабых грунтах, в несущий горизонт с предварительным расчетом нагрузок было забито два ряда свай (без соединений между собой). Это мероприятие способствовало прекращению оползания грунта, обеспечив тем самым безопасность железнодорожного движения.

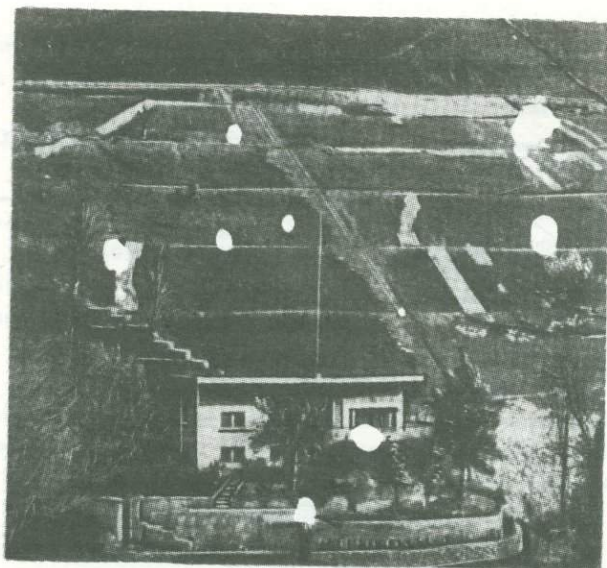
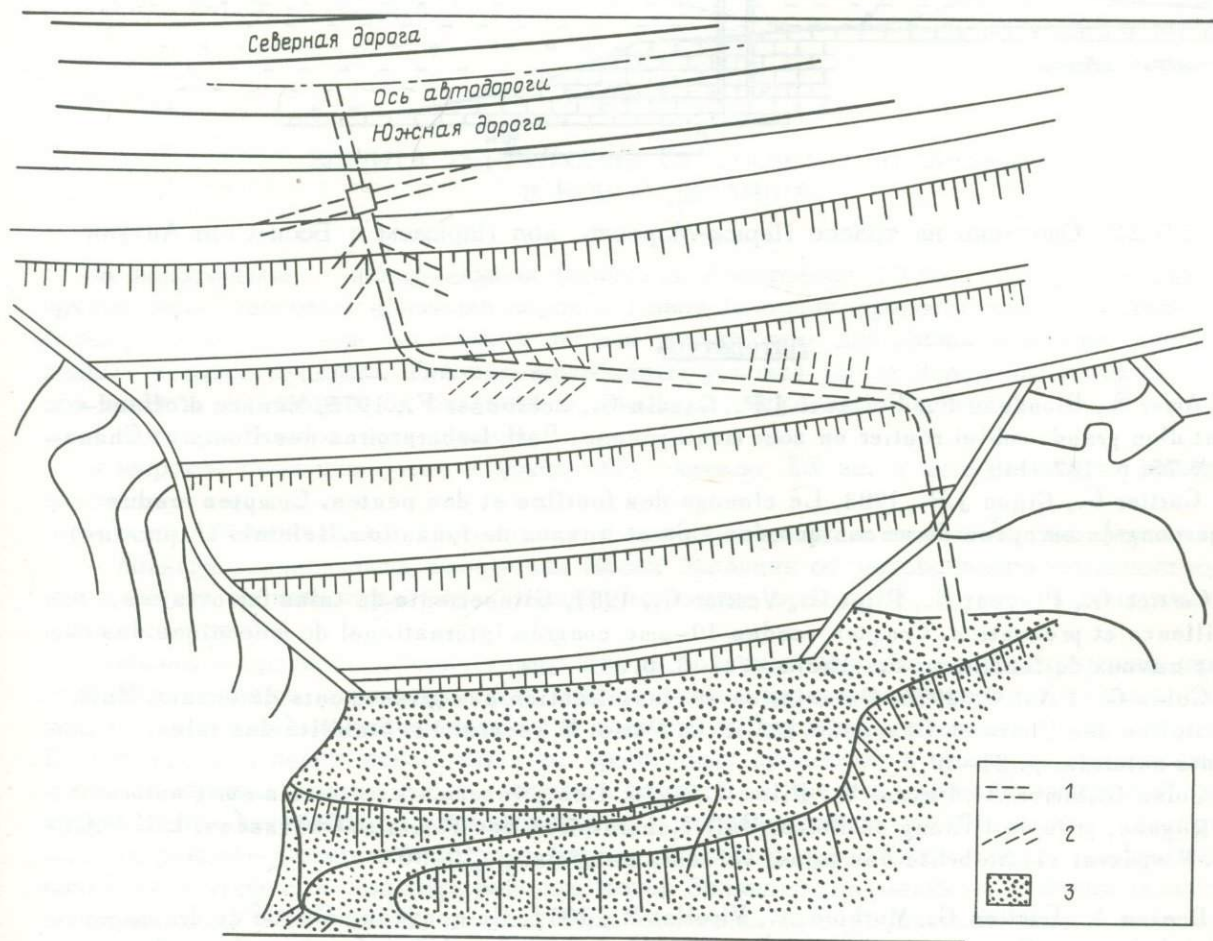


Рис. 15.21. Оползень на дороге Киос: а. Общий вид; б. Дренажная галерея в мергелях на том же оползне: 1 - дренажный штрек; 2 - дрены, расходящиеся от штрека; 3 - упор каменной осеши у подошвы насыпей



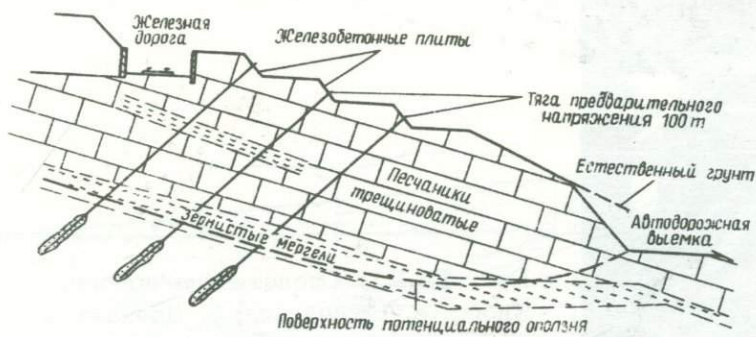


Рис. 15.22. Пример стабилизации откоса при строительстве дороги Аннеси-Женева

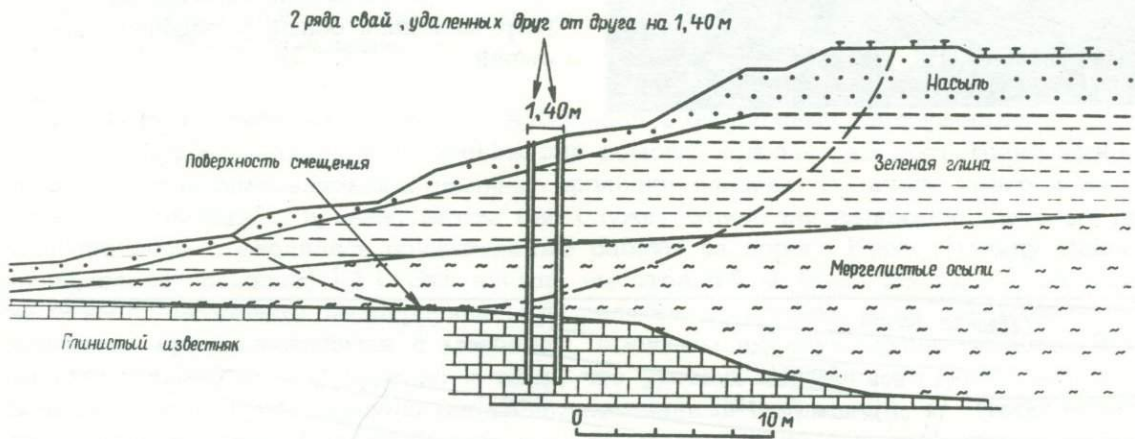


Рис. 15.23. Оползень на трассе Париж-Марсель, под Парижем в Боси-Сент Антуан

Литература

1. Amar S., Blondeau F., Follacci J.P., Gaudin G., Schlosser F., 1975, Menace d'effondrement d'un grandramblai routier en zone montagneuse. Bull. Laboratoires des Ponts et Chaussées № 75, p. 137-140

2. Cartier G., Gigan J.P., 1983, Le clouage des fouilles et des pentes. Comptes rendus 8-ème congrès européen de mécanique des sols et travaux de fondation. Helsinki (A paraître)

3. Cartier G., Pincet B., Pilot G., Verrier G., 1981, Glissements de talus ferroviaires. Surveillance et prévention. Comptes rendus 10-ème congrès international de mécanique des sols et travaux de fondation. Stockholm. Vol. 3, p. 381-384

4. Colas G., Pilot G., 1976, Description et classification des glissements de terrain. Bull. Laboratoires des Ponts et Chaussées. L.C.P.C. Paris. № spécial 11. Stabilité des talus, versants naturels. p. 21-30

5. Colas G., Simon A., Payani M., Pilot G., 1976, Les glissements de terrain sur l'autoroute A 7 à Rognac, près de l'Etang de Berre. Bull. Laboratoires des Ponts et Chaussées. L.C.P.C. Paris. № spécial 11. Stabilité des talus, versants naturels. p. 70-80

6. Deniau A., Carties G., Morbois A., Virollet M., 1981, Un nouveau procédé de drainage: la paroi drainante. Comptes rendus 10-ème congrès international de mécanique des sols et travaux de fondation. Stockholm. Vol. 1, p. 407-410

7. Fukuoka M., 1977, The effect of horizontal loads on piles due to landslides. Comptes rendus 10-ème congrès international de mécanique des sols et travaux de fondation. Tokyo. p. 27-42
8. G.E.T., 1968, Groupe d'Etude des Talus. Publication Laboratoire Central des Ponts et Chaussées Paris.
9. Lafond M., 1965, Autoroute Lyon-Marseille. Bull. Laboratoires des Ponts et Chaussées L.C.P.C. Paris № 14. p. 4-1 - 4-27
10. Pilot G. et al. (Groupe de travail), 1970, Passage de l'autoroute Metz-Nancy au lieu-dit "Le Château Sous Clévent", Bull. Laboratoires de Ponts et Chaussées № spécial N. Hydraulique des sols. p. 181-198
11. Pilot G., Pincet B., Cartier G., Blondeau F., 1979, Mesure des déplacements et confortement des glissements de remblais sur versants. Comptes rendus, 7-ème congrès européen de mécanique des sols et travaux de fondation. Brighton. Vol. 3, p. 253-258
12. Pilot G., 1981, Hydraulique souterraine et instabilité des versants naturels en France. Séminaire UNESCO d'Alma-Ata. Octobre, 1981.
13. Pilot G., 1981, Glissements de terrain liés directement à des travaux. Revue Française de Géotechnique № 17, p. 55-69
14. Schlosser F., Juran I., 1979, Rapport général "Amélioration et renforcement des sols". Comptes rendus du 7-ème congrès européen de mécanique des sols et des travaux de fondation. Brighton. Vol. 5, p. 197-226

Глава 16

ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИИ ОТ ОПОЛЗНЕЙ И ЭРОЗИИ В НОВОЙ ЗЕЛАНДИИ

За некоторыми исключениями (оползень Абботсфорд 1979 г.) [9], оползни и другие виды массовых движений пород в Новой Зеландии представляют значительно большую опасность для сельских и лесных угодий, чем для жизни человека и населенных пунктов в целом. Главные компоненты условий Новой Зеландии, а также методов защиты территорий от оползней и массовых движений включают:

- высокую степень урбанизации;
- широкое сведение лесов в конце XIX начале XX вв. в целях развития животноводства;
- геоморфологические, тектонические, литологические и климатические факторы;
- большую зависимость экономики Новой Зеландии от интенсивного землепользования с целью производства мяса, шерсти, молочных продуктов, фруктов и продукции лесного хозяйства.

Оползни и процессы эрозии там, где они получили широкое распространение, представляют основное препятствие для существующей практики землепользования и потенциально угрожают экономической и социальной структуре отдельных районов страны. В долгосрочной перспективе развитие эрозионных процессов и снижение производительности земельных угодий могут заставить перейти от практикуемого в настоящее время интенсивного пастбищного животноводства к лесонасаждению на большей части холмистых районов Северного острова страны. Поэтому приемлемые меры защиты против оползней и эрозии в сельских районах Новой Зеландии, применимые к очень большим площадям (10^2-10^3 км²), должны быть основаны на относительно низких капитальных затратах и экономически равноценны или даже более выгодны по сравнению с существующей системой землепользования. В некоторых районах желательно, чтобы такие проекты имели следствием повышенный спрос на рабочую силу, однако имеет место нежелательная тенденция сокращения числа рабочих мест и изменение существующей схе-

мы размещения населения. Такие же ограничения, накладываемые на меры по защите территорий, характерны для большинства стран, включая многие слаборазвитые страны, где отмечается экономическая зависимость от первичного производства. Таким образом, опыт Новой Зеландии по осуществлению проекта защиты от интенсивной денудации может оказаться полезным для других стран, где предусматриваются аналогичные проекты с небольшими капитальными вложениями и большой занятостью рабочей силы для решения проблем обширных сельских районов.

Обширные лесонасаждения — основа защиты от оползней и эрозии

В крупных проектах практика защиты, как правило, опиралась на обширные лесопосадочные работы, где в основном применялись быстрорастущие, экзотические (неместные) хвойные растения. Там, где подобные изменения землепользования (по меньшей мере в настоящий момент) не приемлемы по экономическим и социальным причинам, широко практикуется экстенсивное групповое высаживание экзотических ив и тополей. При посадках ив и тополей иногда проводятся небольшие строительные работы, как например, создание насыпей из обломочного материала. Однако при обширных лесонасаждениях хвойных пород такие мероприятия не проводятся.

Лесонасаждения стабилизируют массовые движения пород в связи с тем, что высокие растения с глубокими корнями вызывают большие потери влаги в результате испарения, а также укрепляют склон корнями. До недавнего времени считалось, что большие потери воды в результате испарения в лесных районах, как правило, являются результатом большого влаговыделения, чем это имеет место при низкой растительности. Однако в последние годы стало очевидным, что большая часть влагопотери в лесах вызывается высокими темпами испарения осадков, которые задерживаются в кроне деревьев. Поэтому плотные вечнозеленые леса не теряют своей испаряющей способности даже зимой, поскольку крона задерживает и испаряет осадки. Таким образом, деревья способствуют уменьшению количества воды, попадающей в почву и подстилающие породы. Повышенная плотность лесопосадок, по-видимому, будет оказывать больший стабилизирующий эффект на какой-либо площади до полного развития растительной кроны. По достижении сплошного покрова из крон деревьев максимальная защита от геологических явлений может быть осуществлена путем поддержания здорового лесостоя на всей площади. В целом, вечнозеленые быстрорастущие виды, которые изначально высаживаются довольно плотно и в дальнейшем прореживаются по мере формирования кроны зрелого лесостоя, очевидно, дают наилучший эффект при осушении влажных почв, особенно в период сезонов максимальных осадков. Леса, сбрасывающие крону, очевидно, будут менее эффективны особенно там, где по климатическим условиям максимальные осадки приходится на зимний период (как в Новой Зеландии).

Бертон [4] составил список требований идеального лесного покрова для проектов по защите от массовых движений пород. Этот список воспроизводится ниже в несколько видоизмененной форме, поскольку он включает последние данные о процессе испарения, производимого лесами. Требования безотлагательного характера: 1. Быстрый рост леса на ранних этапах с целью стабилизации склонов.

II. Общие требования:

2. Терпимость к местным условиям почв и климата.
3. Плотная крона, которая способствует высоким влагопотерям путем задержания осадков и в результате испарения.
4. Вечнозеленый покров, который способствует максимальному эффекту испарения как в результате удержания влаги, так и в результате ее выделения во время сезона максимального выпадения осадков (как правило, зимой).
5. Слабая подверженность болезням и вредным насекомым.
6. Слабая возгораемость или по меньшей мере "терпимость" к огню.
7. Глубокая корневая система, которая обеспечивает механическую стабилизацию больших площадей и подачу грунтовых вод по корням наверх.

III. Долгосрочные требования:

8. Устойчивость к ветрам.

9. Способность формировать подлесок, что позволяет добиваться быстрого восстановления сплошного покрова из кроны и после промышленной рубки леса и его роста.

10. Возможность наряду со сплошным лесоповалом других методов лесозаготовки.

11. Возможность проведения лесозаготовительных работ через большие интервалы времени, чтобы свести к минимуму нарушения почвенного слоя.

12. Получение большого количества высококачественного материала из высаженных растений и из подлеска. Это позволит рентабельно применять там, где необходимо, специальные методы лесозаготовок.

Бертон [4] отмечает, что, как правило, нельзя ожидать, чтобы дерево одного вида удовлетворяло всем этим требованиям. Для достижения указанных целей, необходимо, очевидно, использовать либо совокупность различных видов, либо определенное их чередование. В осуществляемых в настоящий момент проектах в Новой Зеландии простота распространения вида "пинус радиата", его быстрый и стабильный рост, ведущий к образованию полной кроны на самых ранних этапах, и его необычайная производительность имели явные преимущества в краткосрочном плане, которые значительно превзошли его недостатки в более долгосрочной перспективе по меньшей мере в своем первом поколении. Разработка приемов экстенсивной стабилизации и используемая в настоящее время практика описаны в следующем разделе, где в качестве примера взят крупнейший проект по лесопосадкам в целях защиты поверхности земли, который когда-либо проводился в Новой Зеландии.

Обширно деформированная толща меловых и кайнозойских морских осадочных пород слагает территорию Северного острова (Новая Зеландия) на площади 25 тыс. км² и простирается на восток до осевых гряд (рис. 16.1). Почти половина этой площади приурочена к полуострову Раукумара восточнее хребтов Руатахуна и Раукумара. До начала поселения европейцев на территории Новой Зеландии большая часть полуострова Раукумара была покрыта смешанными лесами подэскарповых пород и твердопородными вечнозелеными лесами. Обширные участки таких лесов сохранились до сегодняшнего дня на западной оконечности полуострова. В период с 1860 до 1920-х гг.

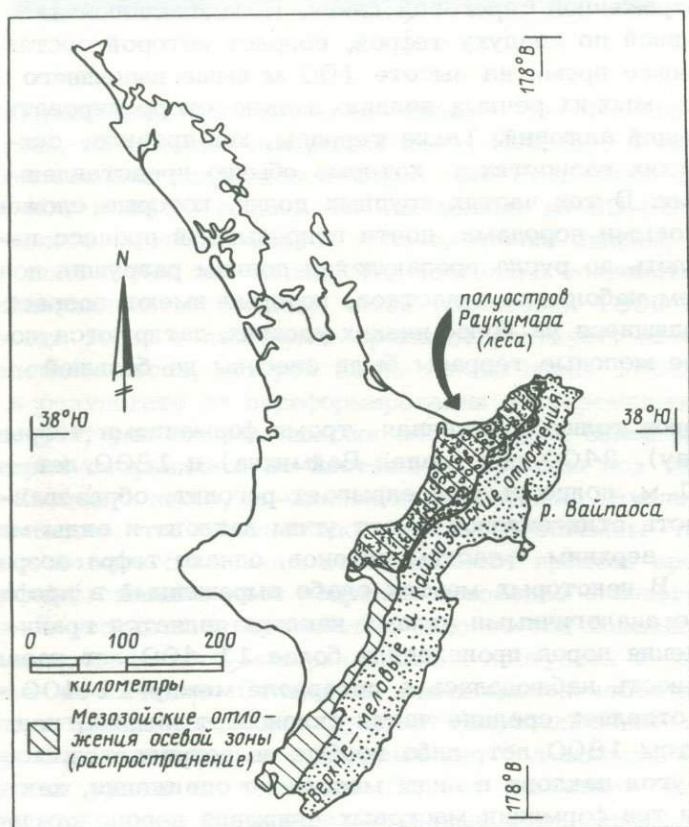


Рис. 16.1. Схема распространения верхнемеловых и кайнозойских отложений в восточной части Северного острова, Новая Зеландия

почти весь лес в восточной части полуострова Раукумара был сведен с целью развития выпасного животноводства. Значительная часть площади, которая была освоена под фермерское хозяйство за этот период, оставалась в основном стабильной и продуктивной. Однако на небольших участках землевладений требуется применение щадящих методов землепользования и охраны почв. За сто истекших с начала первых порубок лесов лет по меньшей мере на 1500 км^2 , где был сведен лес, произошла обширная эрозия почв. Эти районы современной сильной эрозии располагаются, как правило, на внутренних частях крупных речных долин на отметках менее 1000 м. Они сложены верхнемеловыми и палеогеновыми отложениями, и находятся в зонах интенсивного дробления пород и разломов. Литологический состав, продолжающийся тектонический подъем и локализованное тектоническое дробление пород являются основными факторами, которые вызвали интенсивную эрозию на территориях, сложенных меловыми и палеогеновыми отложениями [3, 5]. Породы представлены тонкозернистыми песчаниками, алевролитами и сланцами, как правило, с высоким содержанием глины; основные глинистые минералы видоизменяются вместе с возрастом пород. В некоторых породах преобладают смектиты, однако они совершенно отсутствуют в других породах (Pearce et al., 1981). Влияние минерального состава глин обусловлено различной степенью известковой цементации в различных горных породах. Известковый цемент придает высокую прочность породам, имеющим большое содержание смектита. Выщелачивание цемента, размягчение пород под воздействием длительных напряжений и метаморфизма уплотненных, но нецементированных пород, а также переформирование их под воздействием тектонического дробления приводит к образованию хрупких, пластичных, богатых глиной, щебнистых реголитов, которые часто достигают мощности нескольких метров. Эти отложения реголитов чрезвычайно восприимчивы к массовому движению пород (Pearce et al., 1981).

Продолжающийся тектонический подъем и врезание рек создает гравитационные стрессы, которые вызывают интенсивную эрозию и массовое сдвигание пород в течение длительного периода времени, порядка $10^4 - 10^5$ лет. Глубина врезания долины Вайпаоа за последние 10^4 лет составила 10^2 м ($0,01$ м в год), на расстоянии порядка 60 км вверх по течению от современной береговой линии. Позднеледниковые речные террасы, покрытые, перенесенной по воздуху тефрой, возраст которой составляет 11 400 лет, находятся в настоящее время на высоте 100 м выше нынешнего уровня реки. Аналогичные террасы во многих речных долинах можно скоррелировать по отложениям тефры, покрывающей речной аллювий. Такие террасы, как правило, сохраняются в более крепких литологических разностях, которые обычно представлены средними и верхнетретичными породами. В тех частях крупных долин, которые сложены слабыми верхнемеловыми и палеогеновыми породами, почти непрерывный процесс пересортировки материала склонов вплоть до русла врезающейся долины разрушил почти все остатки террас, за исключением небольших участков, которые имеют возраст более 10^4 лет. Остатки террас, находящиеся на более низких уровнях, датируются по тефре в 1800 лет. Но даже эти более молодые террасы были снесены на большей части склонов долин [5].

В верхней части большинства склонов толща, сложенная тремя формациями тефры возрастом 11 400 лет (пепел Вайохау), 3400 лет (пепел Ваймихиа) и 1800 лет — лапилли Таупо (11) мощностью до 1 м, полностью перекрывает реголит, образованный из осадочных пород. Средняя часть этих склонов имеет углы наклона и виды массового сдвигания пород аналогичные верхним частям склонов, однако тефра возрастом 11 400 лет на них отсутствует. В некоторых местах слабо выраженный в профиле уступ между двумя частями склонов с аналогичными углами наклона является границей между ними, где активные смещения пород происходили более 11 400 лет назад и где самая последняя высокая активность наблюдалась в интервале между 11 400 — 3 400 лет назад. Такая же граница отделяет средние части склонов от нижних, где присутствует либо лишь тефра возрастом 1800 лет, либо вообще не встречается. Нижние части склонов имеют тот же угол наклона и виды массового сдвигания, как верхние и средние части склонов. Эти три формации массовых движений пород, каждая из которых отчетливо стратифицируется по тефре, что позволяет установить их возраст, отражают три отдельные фазы развития склонов и верховье долины Вайпаоа [5].



Рис. 16.2. Три фазы развития оползневой и селевой денудации (Photo SN 125 1/12, 1939, по разрешению Департамента земель и съемок).

Первая фаза формирования склона значительно древнее 11 400 лет, поскольку склоны, на которые осаждался пепел Вайохау, были очевидно, относительно стабильны, что позволило сохраниться тефре без существенных изменений. В период между 11 400 и 3400 годами склоны долины на 60–80% площади претерпели перестройку до нового местного базиса эрозии, однако склоны, по-видимому, оставались стабильными около 3400 лет назад, что позволило сохраниться пеплу Ваимихия. Лапилли Таупо накапливались на большей части территории 1800 лет назад. В большинстве районов, где эта тефра в настоящее время отсутствует, исчезновение ее, очевидно, обусловлено сведением лесов, которое имело место после 1860 г. Формы склонов, образовавшиеся в результате их переформирования в современной фазе, обусловленной деятельностью человека, удивительно похожи на те формы более ранних фаз переформирования склонов, которые сохранились до настоящего времени под тефрой различной мощности (рис. 16.2).

Сведение лесов, по-видимому, послужило начальной фазой врезания в верховьях рек и притоков, что обусловлено возросшим объемом ливневых стоков, в том числе частоты потоков с высоким дебитом. Этот процесс врезания в конце концов увеличил крутизну склонов, либо подрезал основание склонов, доведя их до предельного состояния. В результате переработки склонов под воздействием оползней и селей большие объемы осадочного материала стали поступать в верховья рек и в более крупные русла ниже по течению. Отложение значительной части этого осадочного материала приводило к изменению формы русел от синусоидальной и несколько разветвленной до очень широких мелких русел с чрезвычайно большой разветвленностью. Темпы аккумуляции в крупных руслах за последние 30 лет составили от 0,06 м в год до 0,6 м в год [5]. Многие крупные протоки в настоящее время широко подрезали подножья ранее стабильных склонов. Этот процесс подрезания также послужил началом переформирования склонов под воздействием селевых и оползневых процессов. Вероятно,

процесс подрезания склонов этими протоками вызван процессом аккумуляции и изменениями в плане формы русел рек. Процесс сведения лесов, который очевидно привел к росту темпов эрозии, имел своим следствием уменьшение сцепляемости почв в связи с постепенной утратой прочности на разрыв корневой системы деревьев и увеличением периодов высокого содержания влаги в почве, что обусловлено сокращением темпов испарения влаги. Сочетание последствий этих двух изменений, возможно, оказалось достаточным, чтобы постепенно привести к активизации селевых и оползневых процессов.

С 1920 г. с неустойчивых склонов были снесены огромные объемы осадочного материала в протоки рек, что привело к необходимости демонтажа домов, строений и мостов из таких мест, которые прежде были совершенно безопасными. В верховьях реки Вайпаоа и ее притоках в период между 1948 и 1960 гг. было отложено более 17×10^6 м³ осадочного материала [8]. С того времени, когда было начато геологическое картирование, отметки русел рек увеличились местами на 16 м по сравнению с 1948 г. [5], а со времени начала процесса сведения лесов максимальное поднятие достигает 30 м. По подъему отметок русел рек можно сделать заключение, что темпы накопления осадков в реке Вайпаоа составили 2×10^6 м³ в год [7], т.е. с 1880 г. в русле реки Вайпаоа было отложено 200×10^6 м³ осадков. Данные, собранные за последние 20 лет о сбросе воды и взвешенных осадках, говорят о том, что общий вынос в океан взвешенных осадков рекой Вайпаоа за последние 20 лет составляет $0,5-1,5 \times 10^6$ м³ [1, 7]. К 1967 г. порядка 40 км² некогда плодородных площадей долины частично покрылись гравием активных русел рек, образующих систему водостока в восточной части полуострова Раукумара [8].

Широко распространенный процесс аккумуляции в верховьях русел рек, очевидное увеличение частоты и силы наводнений и долговременная утрата почвенных ресурсов в верховьях рек в конце концов привели к проведению крупномасштабных работ по технической оценке эрозии и связанных с нею проблем в этом регионе. Важнейшей рекомендацией технико-исследовательского комитета [8] явились, в частности, требования по проведению лесопосадочных работ на площади 1,5 тыс. км² в верховьях крупных рек с целевым заданием засаживать 20 км² в год. Небольшие проекты по лесонасаждению были начаты в 1960 г. [2]. С ростом темпов лесонасаждения в соответствии с рекомендацией технического комитета к 1981 г. лесом было засажено порядка 300 км². Причем посадки производились исключительно экзотическими видами, главным образом, "*Pinus radiata*".

Со времени первых посадок в 1960 г. произошли значительные изменения в подборе видов деревьев, методах лесопосадок и приемах лесозаготовок. В начале процесса лесонасаждения на самых увлажненных участках, особенно в селеопасных районах, высаживались тополи. Основным вечнозеленым видом, который высаживался на более сухих участках, был *Pinus radiata*. Однако на небольших участках высаживались и многие другие виды хвойных деревьев и некоторые виды эвкалипта. В настоящее время *Pinus radiata* составляет основную часть высаженных деревьев. При этом на эвкалипты приходится не более 10% площади, которая засаживается ежегодно. В период прорастания саженцев деревьев применяются гербициды с целью устранения помех от подрастающей травы. Во второй сезон прорастания также требуется дополнительная прополка от травы. Это осуществляется либо химическими средствами, либо вручную [2, 10].

В начале лесопосадок саженцы *Pinus radiata* высаживались приблизительно по 2370 шт. на гектар, однако в настоящее время плотность лесопосадок в самом начале составляет приблизительно 1980 саженцев на гектар. Методы прореживания и ухода постепенно изменились. В настоящее время применяется методика, которая меняется в зависимости от стабильности и производительности участка. На нестабильных участках и участках выше 600 м над уровнем моря (где производительность *Pinus radiata* значительно уменьшается) начальная плотность высаживания сохраняется без изменений до тех пор, пока деревья не достигнут высоты 11-12 м. На этом этапе проводится единовременное прореживание, и остается порядка 500 саженцев на гектар. На этих участках подрезание не производится. На стабильных участках ниже уровня 600 м в настоящее время применяется методика ухода, предусматривающаяся три этапа работ с целью максимального увеличения отдачи высококачественной древесины на большинстве

производительных участков. При средней высоте деревьев 5,5–6 м первоначальная плотность лесопосадок уменьшается до 600 саженцев на га, которые подрезаются до высоты 2,2 м. Когда деревья достигают высоты 8,6–9,1 м, выбираются 300 из 600 саженцев и подрезаются до высоты 2,2–4 м. И, наконец, когда деревья достигают 10,7–11,6 м, те 300 саженцев, которые были подрезаны до 2,2 м, вырубаются, а 300 саженцев, которые были выбраны при втором подрезании, еще раз подрезаются до 4–5,8 м [10].

Высаживаемые разновидности деревьев, методика лесопосадок и приемы ухода за подрастающими посадками, применяемые в этом проекте, говорят о большом опыте Новой Зеландии по посадке *Pinus radiata* в обычных лесах, о высокой производительности таких посадок и о значительных экономических выгодах в будущем, которые можно получить на более стабильных площадях, покрытых лесами, если на этих площадях можно получать высококачественную древесину. Конкретная методика, применяемая в этом проекте, может быть и неприемлемой в других климатических условиях как может быть неподходящей и практика интенсивного управления лесным хозяйством для других сочетаний климата и видов деревьев. Ясно, что леса, созданные по проекту Восточного побережья, отвечают лишь некоторым требованиям, которые упоминались выше, для лесов, создаваемых для защиты от массового сдвигения пород [4]. Следует должным образом изучить необходимость и желательность перехода на те один или два основных вида деревьев, которые удовлетворят большей части вышеуказанных требований после проведения лесозаготовительных работ на существующих лесных участках на менее стабильных или менее производительных площадях. Такая смена видов деревьев согласуется с точкой зрения Бертон, что такое чередование видов, когда каждый вид выполняет различные задачи, может явиться одним из путей осуществления краткосрочных и долгосрочных требований, отмеченных в его списке. Некоторые преимущества программы лесонасаждения вполне очевидны, и их можно легко выразить количественно, как, например, объем и стоимость продукции лесного хозяйства, ущерб от наводнений и потери плодородия почв из-за эрозии. Есть положительные результаты, которые в меньшей степени поддаются непосредственному количественному анализу, как, например, ценность почвы, удерживаемой на месте, в результате лесопосадочных работ и сокращение потери почв.

Основные количественные экономические прибыли были проанализированы в отчете Технического комитета [8] путем применения анализа. Эти анализы (1967 г.) показали, что при учетной ставке 5% на период в 50 лет, на который рассчитана программа по восстановлению лесов, для нее необходимо выделить 7,7 млн. долл. (по курсу валюты 1967 г.), что могло обуславливать внутреннюю норму прибыли в размере 6% при прочих неизменных условиях. Действительная стоимость при учетной ставке в 5% составила 0,7 млн. долл. Учетная ставка в 5%, использованная при оценке прибыльности проекта, соответствовала норме прибыли 1967 г., однако текущая стоимость вычислялась при учетных ставках, колеблющихся от 1 до 20% в течение 50-летнего периода. На показателе текущей стоимости в значительной степени сказывалась величина учетной ставки; при учетной ставке в 10% (наименьшая учетная ставка при существующей норме прибыли) стоимость проекта восстановления лесов оценивается в 10,2 млн. долл., и в 5,6 млн. долл. — при прочих неизменных условиях (обе цифры по курсу валюты 1967 г.). Резкое увеличение как стоимости лесоматериалов, так и цен на экспорт продукции лесного хозяйства, относительно прочих затрат и цен, по-видимому, привели к нецелесообразности использования этих анализов, но тем не менее они представляют определенный интерес, поскольку позволяют определить области, где можно получить значительную экономическую выгоду. При учетной ставке в 5% ресурсы лесного хозяйства и смежных отраслей промышленности оцениваются в 4,46 млн. долл., что почти превышает суммарную стоимость всех мер по развитию сельского хозяйства (0,34 млн. долл.), стоимости мер по борьбе с эрозией (2,56 млн. долл.), ущерб от наводнения и эрозии (0,6 млн. долл.) и стоимость земли, закупленной для восстановления лесов (1,66 млн. долл.). Поэтому ожидалось, что основные экономические преимущества будут увеличиваться вместе с ростом производительности лесного хозяйства. Предполагаемые побочные прибыли составили менее 30% чистых прибылей, вычисленных при прочих неизменных условиях, однако продукция лесного хозяйства и смежных отраслей промышленности составила 60% чистой прибыли.

Причина преобладания продукции лесного хозяйства в экономических анализах ясна при прогнозе объемов этой продукции [10], где указано, что объем получаемой древесины должен составить 20 тыс. м³ в год в 1985–1986 гг., 420 тыс. м³ в год – в 2000–2001 гг. и более чем 1,3 млн. м³ в год к 2011 г. По оценкам, лишь 5% из этого количества будет приходиться на лес кругляк, 20%, очевидно, будет составлять высококачественный лес-комель и 75% будет пригодно для экспорта полноценного высококачественного леса.

Что касается оценки сокращения эрозионного процесса и связанных с ним прямых и косвенных преимуществ, то это значительно более сложная и менее поддающаяся качественной оценке задача. В последние десятилетия многие небольшие реки и некоторые участки крупных рек на площадях, где восстановлены леса, уже начали перестраивать свое ложе, удаляя осадочный материал, накопившийся за последние 100 лет со времени сведения лесов. Объяснение такого изменения в балансе осадков рек несколько проблематично и до сих пор продолжаются споры о том, в какой степени эти изменения можно отнести за счет процесса восстановления лесов. Можно не сомневаться, что восстановление лесов сократило скорость переноса осадочного материала со склонов в ложе рек путем укрепления почв в результате развития корневой системы, а также в результате сокращения периода с высоким содержанием влаги в почве во время влажных периодов. За время с начала лесовосстановительных работ многие склоны возвышенности, возможно, стали более стабильными и без влияния лесовосстановительных работ, так как: 1) начальная фаза врезания русел рек в период после сведения лесов сменилась фазой заполнения русел, что сократило как градиенты склонов в целом, так и силы, приводящие в движение экзогенные геологические процессы; 2) период повышенной частоты ливней в 1920–1930 гг. [6], несомненно, обострил последствия сведения лесов, имевшего место до 1920 г., и, возможно, привел в действие многие процессы массового сдвигания пород. Восстановление стабильности в таких районах, возможно, было связано с меньшей частотой крупных ливней и наводнений в течение периода восстановления лесов после 1960 г.

Процессы естественной стабилизации и последствия лесовосстановления, возможно, сыграли важную роль в сокращении количества приносимого осадочного материала в русло основных рек. Маловероятно, что отдельное влияние каждого из этих явлений может быть должным образом оценено. Лесовосстановительные работы пока еще не имели большого воздействия на отдельные крупные смещения на склонах, которые все еще являются важнейшими источниками осадочного материала, попадающего в крупные реки. Их стабилизация маловероятна в ближайшем будущем. Лесовосстановительные проекты, по-видимому, еще не оказали большого влияния на объем осадочного материала крупных рек, а также на поставляемый материал в нижнее течение рек, поскольку в основных реках имеется огромное количество осадочного материала, скопившегося в руслах. Учитывая количество накопленного осадочного материала, имеющегося в крупных реках, трудно ожидать значительного сокращения в переносе материала по меньшей мере в ближайшие несколько десятилетий, если не будут приняты необходимые шаги для ограничения переноса осадочного материала в крупные реки.

Главным успехом программы восстановления лесов с целью недопущения эрозии является ее сокращение в результате мелких массовых движений и предотвращение возможного распространения таких процессов эрозии на 16–50% склонов (на основе расчетов площади пересортированных склонов в период после 1980 г. и склонов, где отмечалось движение материалов в период между 11 400 лет и 3400 лет [5]). Такое сокращение темпов эрозии и меры по недопущению дальнейшего разрушения склонов привели к тому, что существующие площади с восстановленными лесами перешли из состояния быстро сокращающегося первичного плодородия и быстрой утраты почвенных ресурсов до состояния стабильного и возможно растущего первичного плодородия и значительного сокращения потерь почвенных ресурсов.

Литература

1. Adams J., 1979, Sediment loads of North Island rivers, New Zealand – A reconnaissance. J. Hydrol. NZ 18: p. 36–48

2. Allsop F., 1973, The story of Mangatu, the forest which healed the land. Government Printer, Wellington, 92 p.
3. Black R.D., 1980, Upper Cretaceous—Tertiary geology of Mangatu State Forest, Raukumara Peninsula, New Zealand, NZ J1. Geol. Geophys. 23: p. 293—312
4. Burdon R.D., 1975, Is coast redwood an answer to the Mangatu problem? NZ J1. Forestry 20: p. 148—152
5. Gage M., Black R.D., 1979, Slope stability and geological investigations at Mangatu State Forest. NZ Forest Service, Forest Research Institute, Technical Paper 66, 47 p., 2 maps
6. Grant P.J., 1981, Major periods of erosion and sedimentation in the North Island, New Zealand, since the 13th century. (Proceedings of Christchurch Symposium) Intl. Assoc. Hydrol. Sciences Publ. N 132, p. 288—304
7. Jones I.S., Howie W.R., 1970, The measurement and control of erosion and sedimentation. NZ Water Conference Proceeding, Lincoln College Press, Lincoln, NZ, Part 11: 46.1—46.25
8. Ministry of Works and Development, 1970, Wise land use and community development. Report of Technical Committee of Inquiry into the Problems of the Poverty Bay—East Cape District of New Zealand, Ministry of Works and Development, Wellington, 120, p. 7 maps
9. New Zealand Commission of Inquiry, 1980, Report of the Commission of Inquiry into the Abbotsford Landslip Disaster. Government Printer, Wellington, NZ 196 p.
10. New Zealand Forest Service, 1981, East Coast Regional Management Plan 1979—89. New Zealand Forest Service, Wellington Range, New Zealand, (Proceedings of Christchurch Symposium) Intl. Assoc. Hydrol. Sciences Publ. N 132, p. 95—122
11. Vucetich C.G., Pullar W.A. 1969. Stratigraphy and Chronology of late Pleistocene volcanic ash beds in central North Island, New Zealand. NZ J1. Geol. Geophys. 12: p. 784—837

Г л а в а 1 7

ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ЯПОНИИ

1. Геология, рельеф, климатические условия, цивилизация и оползни

Около 85% территории Японии занято горами, сложенными слабыми породами, подверженными оползням. Особенно часто оползни наблюдаются в регионах, сложенных породами третичного возраста. Наличие двух крупных разломов и многих других разрывных нарушений свидетельствует об интенсивных движениях земной коры в прошлом. Действующие вулканы и сильные землетрясения говорят о том, что активность современных движений земной коры продолжает оставаться высокой. Образование оползней тесно связано с грунтовыми водами, питаемыми дождевыми осадками. Годовая сумма дождевых осадков в большинстве районов страны составляет около 1000—2000 мм в год. Лето является дождливым сезоном, для которого характерны "байю" и тайфуны. Зимой прибрежные районы островов Хонсю и Хоккайдо со стороны Японского моря покрыты мощным снежным покровом, пополняющим запасы фильтрующейся подземной воды. Оползни в основном приурочены к летнему дождливому сезону, а также к периоду таяния снега. В межень реки имеют небольшой расход. Величина расходов рек резко увеличивается в периоды ливней и снеготаяния. Скорости потоков становятся очень высокими. В это время потоки обладают большой эрозионной силой. Разрушительные волны Тихого океана размывают морские берега. Размыв речных берегов и морского побережья приводит к образованию оползней. Наиболее благоприятными для развития оползней являются районы распространения песчаников, аргиллитов и туфов третичного

периода, рыхлых осадков палеозоя и мезозоя, зоны разломов, районы вулканов и горячих источников. К ним относятся районы Ниигата, Нагано, Тояма, Тоттори, Аки-та, Сага и Нагасаки, где оползни развиваются в третичных отложениях, а также районы Шикоку и Тояма, где оползни приурочены к породам палеозоя и мезозоя. Разломы распространены в Японии повсеместно. По основной территории страны проходят два крупных разлома в направлении с севера на юг и с востока на запад, вдоль которых развиты оползни.

По осевой линии островов расположен ряд вулканов. Многочисленные активные вулканы и горячие источники встречаются повсеместно. Вода горячих источников, обладающая эрозионными свойствами, и фумаролы выщелачивают породы и вызывают оползни. Древние оползневые накопления проявляют склонность к повторным смещениям.

Одной из причин оползней является деятельность человека. Подрезание склонов и создание искусственных откосов очень часто приводит к развитию оползней. На небольшой площади в 37 тыс. км² проживает около 100 млн. человек. За короткое время были построены железные дороги и шоссе, а также скоростные шоссе и железные дороги. Их строительство требовало пологих уклонов и плавных поворотов, что вызвало необходимость в производстве глубоких выемок и насыпей. В результате широкомасштабного строительства склоны теряют устойчивость. Для того, чтобы исключить влияние оползней, строятся туннели. Например, в настоящее время в Ниигате строятся туннели общей протяженностью около 50 км. Длина одного туннеля не превышает 4 км, что обусловлено возможностями вентиляционного оборудования. Вход в туннели должен выбираться в пределах участков с незначительным развитием оползней, так как проблема борьбы с оползнями над входами в туннели является серьезной. Такая проблема возникла начиная с 1955 г., когда сформировался оползень над туннелем Нишияма в районе плотины Сакума. Оползание склона произошло при повторном подъеме уровня воды в водохранилище.

Изучение оползней в районе плотин обычно проводится на этапе оценки состояния окружающей среды. На склонах, как правило, расположены рисовые поля. Летом рисовые поля заполняются водой. Фильтрующаяся вода, как предполагается, дает начало оползням. Затяжной дождливый сезон "байю" вызывается метеорологической ситуацией, когда холодный воздух с азиатского континента оттесняется под действием высокого давления теплого, влажного воздуха, поступающего с Тихого океана. Период, когда в день выпадает в среднем 5-10 мм осадков, продолжается несколько недель. Большое количество влаги поступает в массивы пород и создает условия, благоприятные для образования оползней. В конце дождливого сезона с юга приходит тайфун, принося с собой обильные ливни. Если тайфун изменяет погоду или приходит на смену другому тайфуну, это сопровождается большим количеством осадков. В Японии были зарегистрированы максимальные суточные осадки в количестве 1100 мм с интенсивностью выпадения 153 мм в час. В Токио в среднем в год выпадает 1503 мм, а самый сильный зарегистрированный ливень принес 400 мм осадков. Можно сравнить количество осадков в Токио с их количеством в других крупных городах мира: Рим - 653 мм, Лондон - 594, Москва - 575, Сан-Франциско - 475 мм. Это сопоставление дает представление о климатических условиях Японии. Сильные ливни вызывают эрозию и оползни. Глубинные оползни могут произойти через несколько часов, а иногда и несколько десятков часов, как, например, оползни в Шигето и Ширата. В Ширата оползень произошел в момент, когда велись работы по спасению жертв первого оползня в Шигето. Опасность не реализовавшихся оползней в горах сохраняется до двух недель (после выпадения аномальных осадков).

Имеются многочисленные примеры оползней, вызванных землетрясениями. Самым древним зарегистрированным оползнем в Японии является оползень 989 г., в результате развития которого погибли и получили ранения множество людей, разрушены дома. Сильное землетрясение вызвало оползни в 1751 г. Погребенными оказались 81 дом, и погибло 428 человек. Другое сильное землетрясение, известное как землетрясение Зенкодзи, имело место в 1847 г. Смещенные массы грунта перекрыли верховья реки Сай и образовали озеро длиной 70 км. Утонуло несколько тысяч человек. Это же землетрясение явилось причиной оползня Чаузуяма, движение которого продолжалось в течение 130 лет. Землетрясение Ниигата вызвало разжижение насыщенных рыхлых

песков, и большое количество оползней, вызвавших человеческие жертвы. Предполагается, что землетрясение Ниигата вызвало крупный оползень Куруми, который произошел месяц спустя. Накануне землетрясения Токачиоки в 1968 г. в результате сильных ливней выпало 150 мм осадков. Песчаный вулканический пепел, называемый Хачинохеширасу, перешел в результате обводнения в текучее состояние, вследствие чего произошло оплывание склонов и сформировались сели. Ряд землетрясений в Мацширо вызвал приток большого количества подземных вод к подножью горы в Сезеки, что привело к формированию оползня шириной 1 км. Оползень-поток Чаусуяма находился недалеко от эпицентра, однако скорость его движения увеличилась незначительно. Предстоит определить, могут ли оползни-потоки превращаться в сели под воздействием землетрясений. Так, в случае подобного оползня в Катасе действие сильного землетрясения силой в 400 галов не вызвало никаких изменений в 1978 г.

Японская ассоциация дорог организовала Комитет по контролю над оползнями, вызванными землетрясениями. Комитет подготовил отчет, в котором, в частности, приводится проблема Юи, расположенного в 150 км западнее Токио по дороге, соединяющей Токио и Осаку. В этом месте подножье горного хребта выходит на побережье Тихого океана на протяжении 10 км. В прошлом здесь неоднократно происходили оползни и перекрывали самые важные магистрали национальной железной дороги Токайдо и национальной дороги № 1. Сейсмологи предупредили о приближении следующего крупного землетрясения. Было принято решение определить время землетрясения на основании изучения различных предшествующих признаков. Были проведены крупномасштабные исследования оползней и разработан план защитных мероприятий, хотя в нем не были предусмотрены многие нерешенные проблемы предотвращения оползневой опасности.

Концентрация населения в городах приводит к тому, что жилищное строительство ведется на горных склонах. При производстве строительных работ в таких местах ведутся земляные работы и подрезаются склоны. Во время сильных ливней происходит оползание естественных и искусственных склонов. За последнее время к естественным оползням прибавились оползни, связанные со строительством.

Юридические меры, принятые правительством

В прошлом оползни считались естественным явлением, предотвратить которое было не по силам человеку. Научные исследования показали, что оползни вызываются отсутствием равновесия между силами сдвигающими и силами сопротивления. В 1930-х годах стали применять такие защитные мероприятия, как поверхностный и подземный дренаж при помощи туннелей. На следующем этапе в 1950-х годах делали проходку горизонтальных и вертикальных скважин. Со временем накапливался опыт успешной борьбы с оползнями. Стало очевидно, что оползнями можно управлять, используя силу науки и техники, и перед правительством была поставлена задача принятия защитных мер и проведения специальных работ по предотвращению оползней.

1) Для удовлетворения этой потребности был принят Закон о предотвращении оползней (1958 г., закон № 30). Этот закон определяет "оползни" (по-японски "джисубери") следующим образом: "Оползни представляют собой явления скольжения или движения части земли, вызванные водой и т.д."

2) Закон по предотвращению бедствий, вызванных обрушением крутых склонов, 1969. Настоящий закон был принят с целью защиты людей от бедствий, вызываемых обрушением крутых склонов, угол которых превышает 30°.

3) Закон Сабо, 1897. Целью этого закона является ограничение объемов выемки грунта на склонах и из русел водотоков. Министр правительства может объявить опасный район "объявленный районом Сабо".

4) Закон о лесе, 1897. В случае необходимости предотвращения бедствия в залесенных районах министр может объявить этот район "закрытым лесным районом". Как и в вышеуказанных законах, этот закон запрещает определенные виды работ.

2. Изучение и защита от оползней (оползни-потоки)

Описание исследований.

Методы исследований различаются в зависимости от целей исследований, рельефа, геологии, масштаба оползня, скорости движения, значения, наличных средств, сроков и т.д. Существуют районы различного характера, как например, залесенные, сельскохозяйственные угодья, города и поселения, дороги, железные дороги, водохранилища, реки, морское побережье и районы с другими хозяйственными объектами. Они отличаются друг от друга по размеру и значению. Поэтому довольно сложно детально описать методы и защитные мероприятия для каждого типа оползней. В связи с этим здесь говорится лишь о мерах, применяемых в дорожном строительстве. Сведения приводятся из "Руководства по оползням", подготовленного Японской ассоциацией дорог. Руководство написано для первоклассных дорог национального значения. Оползни подразделены на два типа: потоки (по-японски "джисубери") и другие оползни (по-японски "хокай"). Далее под словом оползни будут пониматься "оползни-потоки".

Оползни имеют следующие характеристики.

- 1) геология - многие оползни приурочены к определенным геологическим условиям и структурам;
- 2) геотехнические условия - поверхность скольжения часто расположена в глинистых породах;
- 3) рельеф - наклон склонов обычно составляет от 5 до 20°, а верхняя часть представлена плоской равниной;
- 4) движение - непрерывное или периодическое;
- 5) скорость движения - 0,01-10 мм в день; медленное;
- 6) оползневое тело - деформировано, сохраняет неизменной первоначальную форму;
- 7) причины - главным образом подземные воды;
- 8) мощность и площадь - средняя мощность - 20 м, площадь - 1-100 га;
- 9) признаки движения - трещины, проседания, вспучивания, колебания уровня подземных вод.

Исследования оползней включают в себя предварительную съемку, детальную съемку, съемку при проведении строительных работ и по их завершении. Пункты проведения предварительной съемки показаны в таблице 17.1. Выбор размещения основных маршру-



Рис. 17.1. Пример исследований подземных вод

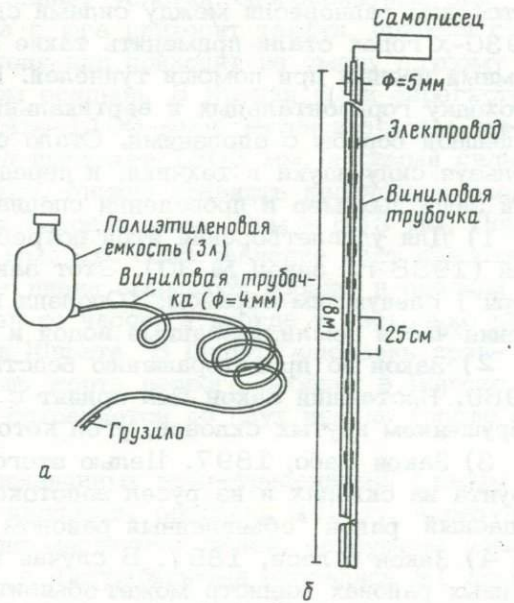


Рис. 17.2. Приборы для определения скорости фильтрации подземных вод

Содержание предварительных исследований

Объект исследований	Методы съемки	Использование существующих данных									
		Топографические карты (1)	Геологические карты	Аэрофотоснимки	Геотехнические отчеты	Отчеты о ходе строительных работ	Описание природных бедствий	Карта районирования оползней	Карты землепользования	Монография "Оползни в Японии"	Общая полевая съемка (2)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Крупные формы рельефа	Оползни типа "Н"	◎		◎			△	△			◎
	Оползни типа "I"	◎		◎			△	△			◎
	Линеаменты	○	○	◎						○	◎
	Изменение крутизны	◎		◎							◎
	Скопление обломочных отложений (дебрис)	◎	△	◎			△				◎
	Слабоволнистый рельеф	◎		◎							◎
	Эрозионный речной берег	◎		◎							◎
Мелкие формы рельефа	Асимметричные горы	◎		◎							◎
	Небольшие заболоченные западины	○		○							◎
	Зоны тектонических нарушений, пересекающих склон	○		◎							◎
	Склоны со сбросами и трещинами	△		○							○
	Болота, водоемы	○		◎							◎
Поверхностные отложения	Неустойчивые массивы грунтов на склонах	△		○							○
	Разновидности пород				◎	◎	◎				◎
	Ослабленные зоны				○	○	○				○
	Характеристики грунтов (включая насыпной грунт)				◎	◎	◎				◎
	Характеристики слабых грунтов (включая насыпной грунт) включений				○	○	○				○

159

Продолжение табл. 17.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Геологические структуры	Геологическое строение пород и условия их залегания					◎	◎	◎			○	◎
	Слабые породы и формации (3)					○	○	○				○
Растительность	Геологическая структура в общих чертах					◎	◎	◎			○	◎
	Структура ослабленной зоны (4)					○	○	○				○
	Типы растительности (5)							△		◎		◎
	Плотность растительного покрова							△		◎		◎
Гидрогеологические условия	Распределение различных типов растительности по площади							△		◎		◎
	Площадь сведенных лесов							△		◎		◎
Гидрогеологические условия	Родники					△	○	○				◎
	Распространение водопроницаемых пород					△	○	○				◎
	Условия поверхностного обводнения					△	△	△				△
	Обводненность за счет подземных вод землепользование					△	△	△				△

(1) Новые оползни не отмечены на геологических картах

(2) Трудно проводить микротопографическую съемку. Однако важно провести тщательное изучение рельефа

(3) Гранит, серпантин, аспидный сланец, шиферный сланец, туф, аргиллит, метаморфическая порода и т.д.

(4) Пласты, наклоненные в сторону поверхности подрезанного склона, разлом, складка, слой рыхлого материала и т.д.

(5) Широколиственные деревья, хвойные породы, бамбук, фруктовые сады

Примечание: Степень точности предыдущих исследований:

◎ - хорошая

○ - удовлетворительная

△ - требуются дополнительные уточнения.

160

Объекты и методы исследования

Основные объекты исследования	Методы исследования		Полевая съемка	Геофизические методы		Бурение	Вращательное перфораторное бурение	Шурфы	Зондирование	Исследование песчаноглинистых пород	Исследование скальных пород	Исследования подземных вод	Полевые опытные работы
				Сейсмические	Электрические								
Геологические условия	Геологические структуры	Геологические формации (пликативная, дизъюнктивная), переслаивание пород	◎	◎	△	○							
		Трещиноватость	○	○		◎		○			○		
		Выветренность	△	○		◎	△	○			△		
		Мощность почвенного покрова	○	○		◎	◎	◎	○				
		Сплошность пластов	○	◎		◎		○	○				
	Прочность естественного грунта			△		○		○	◎	◎			
	Прочность насыпного грунта								◎				
	Характеристики насыпных грунтов		△			○	○	○	◎				
	Склоны с интенсивной трещиноватостью		◎										
	Подземные воды и родники		○		○	○	△	○	○			◎	
	Колебания уровня подземных вод											◎	
Оползни "Н" и "Г" типа		Положение поверхности скольжения	△					○					◎
		Определение величины и направления смещения	△										◎
		Прогноз активности	△										◎
Подземные воды в оползнях типа "Н"		Состав подземных вод										◎	
		Пути фильтрации вод										◎	
		Локализация водных потоков Разгрузка подземных вод										◎	

Примечание: ◎ применяется практически всегда
○ применяется широко
△ применяется как вспомогательный прием.



Рис. 17.3. Датчик растяжения и сжатия

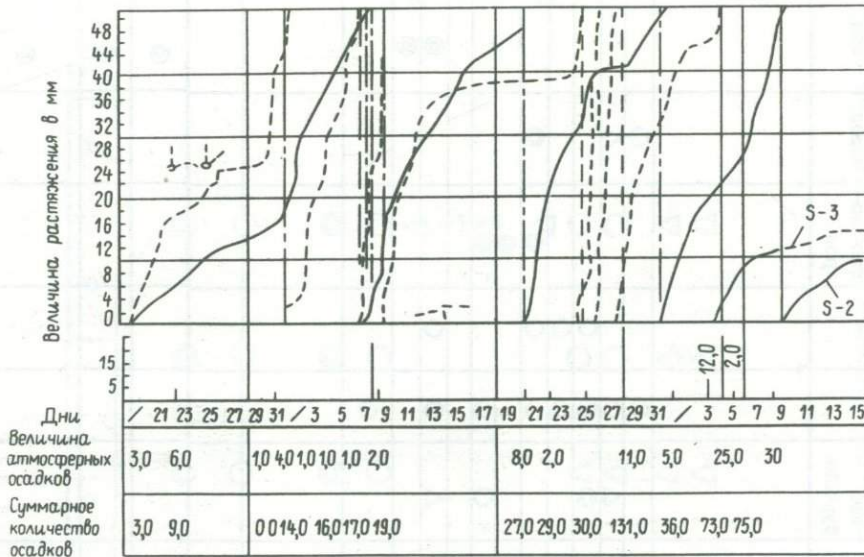


Рис. 17.4. Пример записи данных датчиком растяжения и сжатия

тов и предварительные контуры наносятся на основе предварительных исследований. При обнаружении оползня производятся детальные исследования и пересматривается рабочий проект.

В таблице 17.2 показаны пункты проведения детальных наблюдений. При проведении строительных работ изменения наблюдаемых условий сопоставляются с прогнозными. Если они значительно отличаются друг от друга, следует еще раз проверить устойчивость склонов. В этом случае при необходимости вносятся изменения в первоначальный проект. Особое внимание уделяется наблюдениям во время и после сильных дождей. Исследования по завершении строительных работ сводятся к простым наблюдениям. В случае непредвиденных изменений проводятся геологические исследования и производятся измерения деформаций.

Инструментальные наблюдения.

В исследованиях применяются различные приборы. При съемках обычно используются нивелиры и ватерпасы. При изучении обширных площадей применяется фотограмметрия. Методы фотограмметрии используются для выявления оползневых участков и смещений шоссежных дорог. Широко применяется бурение и методы сейсмо- и электроразведки. При проектировании дренажа подземных вод необходимы наблюдения за подземными водами. Проводятся исследования уровня подземных вод, порового давления, качества подземных вод, направления и скорости фильтрации вод и т.д. Когда в скважине вскрываются подземные воды, можно определить скорость фильтрации подземных вод методом электрического сопротивления при помощи электродов, размещенных через 25 см. Электрическое сопротивление понижается на 1/10 - 1/20 при добавлении в подземные воды электролита типа соли или другого подобного вещества. Желательно сначала растворить соль в воде и затем подать раствор соли в скважину. Пример результатов измерений приведен на рис. 17.1. По этим результатам легко определить скорость фильтрации подземных вод в каждом пласте. Для подачи соляного раствора в скважину используется полиэтиленовая емкость и виниловая трубка. Электрическое сопротивление воды измеряется при помощи электродов, как показано на рис. 17.2. В



Рис. 17.5. Инклинометр пузырькового типа

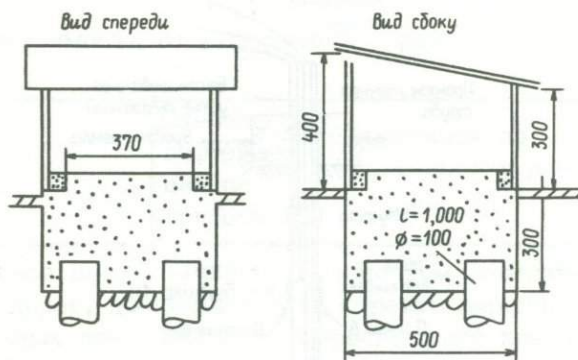


Рис. 17.6. Основание для инклинометра



Рис. 17.7. Пример записи результатов измерений наклонометра

направлений движения оползня протягивается провод из железоникелевого сплава, соединенный с датчиком растяжений и сжатий (рис. 17.3). Величина увеличения или сокращения расстояния между двумя реперами, отстоящими на расстоянии около 10 м друг от друга, регистрируется на самописце. На рис. 17.4 показан пример записи. Существует два типа наклономеров. Один представляет собой автоматически регистрирующий наклономер с маятником, другой – наклономер пузырькового типа, изобретенный профессором Фукуокой. Наиболее широкое применение получил наклономер последнего типа.

На рис. 17.5 и 17.6 показаны соответственно наклономер пузырькового типа. На рис. 17.7 дан пример записи результатов измерений. Простейшим способом измерения смещения является измерение расстояния между реперами, установленными на поверхности оползня, при помощи стальной ленты. Обычно широко применяются нивелиры и ватерпасы. На рис. 17.8 изображен инклинометр, получивший название "измеритель напряжения в трубе". Впервые инклинометр этого типа был применен профессором С. Ямагучи. После бурения и взятия пробы в скважину вводится виниловая труба, как показано на схеме. Размеры виниловых труб даны в таблице 17.3.

До введения виниловой трубы в скважину на поверхность трубы наклеивается пара датчиков напряжения, изготовленных из проволоки, как показано на рис. 17.8. Датчики обычно приклеиваются с интервалом в 50 см, 1,5 м или 2 м. Электрические провода от датчиков напряжения могут размещаться снаружи виниловых труб и защищаться пластиковыми покрытиями. Датчики вводятся в скважину в направлении, которое совпадает с направлением движения. После введения датчиков затрубное пространство между стенками скважин и внешней поверхностью трубы засыпается точно так же, как и при применении других видов инклинометров. В течение недели после введения труба



Рис. 17.8. Датчик напряжения в трубе (S_a , k_a , t_a).

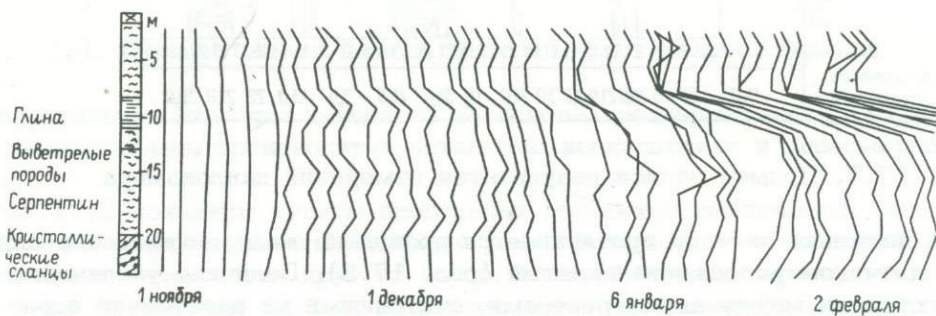


Рис. 17.9. Запись данных с датчика напряжения в трубе на оползне Хиате (Кумamoto-кен)

Таблица 17.3

Размеры виниловых труб

Внешний диаметр, мм	Толщина стенок, мм	Внешний диаметр муфты, мм
48	3,5	55
60	4,0	68

находится в неустойчивом состоянии. Поэтому измерения следует начинать через неделю. Когда труба зафиксирована, один бок проволочного датчика напряжения удлиняется, а другой сокращается. На рис. 17.9 показаны результаты измерений.

Созданы многочисленные новые типы инклинометров, как например, склоновый индикатор СИНКО-ОЙО и сложный датчик смещения пластов проволочного типа фирмы НИССАКУ. Движение оползней регистрируется при помощи датчика растяжения и сжатия, накломера и инклинометра, как описано выше. Степень опасности классифицируется по 4 группам: А, Б, В, Г в соответствии с полученными данными. В таблице 17.4

Определение степени опасности в зависимости от деформации и рельефа

Степень опасности	Деформация и рельеф	Степень деформации по приборам	Замечания по строительству дорог
А	Отмечаются трещины либо активное движение. Возможность разрушения дорог, домов и т.д. велика без искусственных изменений окружающей среды, как например, врезание, подрезание склонов или плохой дренаж. Оползни, у которых имеются новые трещины на вершине и по краям, классифицируются как "особо опасные А"	Степень деформации А или Б	В основном избегайте строить дороги. Пересмотрите контрмеры с учетом запаса прочности в проекте (см. 5-3-9)
Б	Явное движение не отмечается, очевидный рельеф оползня со старыми разрывами и трещинами (оползни обрушенных грунтов, выветрелых пород). Возможность движения есть в связи с искусственными изменениями окружающей среды. Угроза разрушения дорог и домов. Есть вероятность расширения оползня, однако не отмечается вспучивания языка оползня. В том случае, если на периферии оползня имеются дома, оползень классифицируется по группе "А". В случае обрушения пород он классифицируется по группе "Б"	Степень деформации В	Избегайте подрезать основные склоны и делать насыпи на его вершине. В основном запас прочности сокращать не более, чем на 5%
В	Имеет характерный рельеф, однако налицо признаки стабильности (никаких осложнений, если не будут вноситься изменения в окружающую среду). Даже если при значительных изменениях окружающей среды и начнется сдвиг пород, площадь оползня не будет большой. По меньшей мере возможно вмешательство в этот процесс	Степень деформации В	Повсеместно разрешается строительство дорог. В основном запас прочности можно сокращать не более чем на 10%
Г	Рельеф, характерный для оползней, отсутствует. Районы считаются стабильными в настоящий момент и в будущем. Следует принимать меры предосторожности, если делается подрезание склонов	Деформации нет	Возможно строительство, но следует избегать крупных подрезаний склонов

указана степень опасности в сочетании с наблюдаемой деформацией и рельефом и степень деформации, определяемая приборами. Используя таблицы 17.5, 17.6 и 17.7, можно получить класс деформации.

Противооползневые мероприятия.

При борьбе с оползнями применяются следующие мероприятия: поверхностный дренаж, подземный дренаж, противовес, работы по обустройству рек, забивка свай, проходка шахт, крепление сталью и бетоном, и закрепление грунтов. В таблице 17.8 приведены исходные данные для проектировщиков. Строительные работы проводятся по проекту, разработанному на основании проведенных исследований. Информация, полученная во время исследований, может значительно отличаться от данных, полученных при проведении строительных работ. Если движение оползня не замедляется, как предполагалось, первоначальный проект следует изменить. Если заранее определено, что

Степень растяжения и сжатия

Степень	Суточные колебания (мм)	Суммарное колебание (мм в месяц)	Тенденция накопления движения в одном направлении	Характер колебаний (растяжение, сжатие, прерывистость)	Активность
A	более 1	более 10	Заметное	Растяжение	Активное движение, поверхностное и глубинное скольжение
B	0,1-1	2-10	Достаточно заметное	Растяжение и временами колебание	Медленное движение, оползание глин, деформирующихся грунтов
C	0,02-0,1	0,5-2	едва заметное	Растяжение и сжатие	Движение не установлено (необходимо продолжать наблюдения)
D	менее 0,02	нет	нет (прерывающееся смещение)	Нерегулярный	Локальное движение грунта

Таблица 17.6

Крутизна склона

Градации	Ежедневное наклонение (секунды)	Суммарное колебание (сек. в мес.)	Тенденция накопления	Тенденция наклонения рельефа	Активность
A	более 5	более 100	заметное	взаимосвязи имеются	Активное движение
B	1-5	30-100	достаточно заметное	то же	Медленное движение
C	менее 1	менее 30	едва заметное	то же	Движение не установлено (необходимо продолжение наблюдений)
D	0,5-1	нет (периодическое)	едва заметное	нет	Локальное движение грунтов

первоначальный проект изменить нельзя, следует ввести больший запас прочности.

Проект готовится следующим образом. Во-первых, следует обнаружить поверхность скольжения путем использования данных с датчиков напряжений. Используются также данные испытаний грунта из кернов и испытаний на одноплоскостной сдвиг.

На рис. 17.10 показан примерный разрез оползня. На рис. 17.11 показан пример графика для получения значений C и φ . Сочетание показателей C и φ на прямой линии удовлетворяет условию равновесия, однако в проекте используется лишь характерное сочетание. Во-первых, показатель C получают по таблице 17.9, на которой даны величины C в соответствии с мощностью оползневого тела. После того, как показатель C получен, получаем величину φ по рис. 17.11. Запас прочности для оползня, имеющего вышеуказанные величины, является расчетной величиной. Запас прочности

Степень напряжения (по датчикам)

Степень	Суммарное колебание (μ /месяц)	Тенденция накопления		Вероятность наличия по- верхности скольжения	Активность
		накопление	колебание		
A	5000	заметная	накаплив.	есть	Активное движение
B	1000	достаточно заметная	—"	есть	Медленное движение
C	100	едва замет- ная	накапливание периодическое	есть	Движение не установле- но
D	1,00	нет	периодическая нарушенная возвратная	нет	Поверхности скольже- ния нет, причина из- менения напряжения иная

Таблица 17.8

Типы оползней и контрмер

	Главная причина	Типы оползней	Контрмеры										Примечания
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Естественная	Дождь, снег, увеличение инфильтрации подземных вод	Обрушение породы	○	△	◎	△	◎	○	○	◎	◎	○	◎ Используется очень широко ○ Используется широко
		Сползание выветрелой породы	◎	△	◎	△	◎	○	○	◎	◎	○	
		Сползание обломочной породы	◎	○	◎	△	◎	○	◎	○	○	△	
		Оползень в глинистых породах	◎	◎	○	○	△	◎	◎	△	△	△	
Искусственная	Подрезание склонов	Обрушение породы	△	△	○	△	◎	◎	○	◎	○	○	△ Не распространены широко
		Сползание выветрелой породы	△	△	○	△	◎	◎	○	◎	○	○	
		Сползание обломочной породы	○	○	○	△	◎	◎	○	◎	○	△	
		Оползень в глинистых грунтах	◎	◎	○	△	△	◎	○	○	△	△	
	Насыпание	Оползание обломочной породы	△	△	○	△	△	◎	○	◎	◎	○	
		Оползень в глинистых грунтах	△	△	△	△	△	△	○	○	○	△	

Примечания: А - Сток поверхностных вод (предотвращение просачивания вод, каналы)
 В - Дренаж приповерхностных подземных вод
 С - Дрежан глубоких подземных вод, (горизонтальное бурение, дренажный колодец)

D - Отсечение перегородки
 E - Удаление грунтовой массы подрезание в форме уступов (с защитой склонов)
 F - Противовес (включая предохранительные стенки и опалубку)

G - Защитные работы на реках, как например дамбы "сабо"
 H - Забивка свай

I - Шахта с бетонным или стальным крепежом
 J - Анкер

Таблица 17.9

Отношение глубины залегания поверхности скольжения к проектной величине сцепления пород С

Глубина D, м	Проектная величина сцепления пород С в килоньютонах на м ² (к N/м ²)
5	0,5
10	1,0
15	1,5
20	2,0
25	2,5

Таблица 17.10

Проектный коэффициент запаса прочности и выбор контрмер

Контрмеры	Коэффициент запаса прочности
Дренаж, удаление грунтов, дамбы и т.д.	1,05-1,1
Сваи, анкеры	1,1-1,2

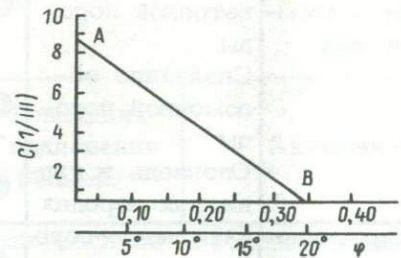
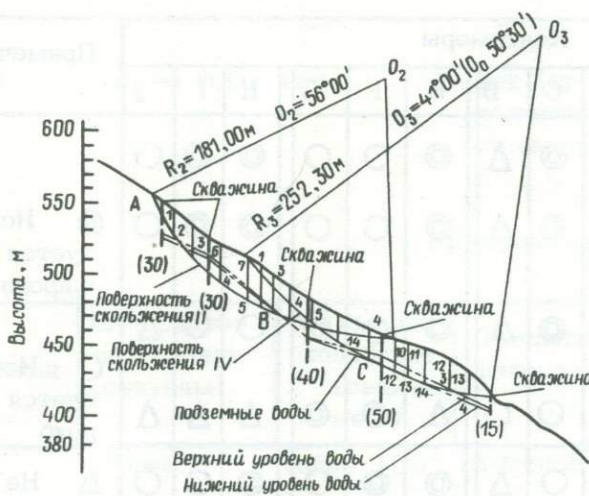


Рис. 17.10. Пример изучения устойчивости оползня по кернам

Рис. 17.11. Определение соотношения между величинами С и φ при разработке проекта

проекта следует определять по таблице 17.10. Для оползней, попадающих в разряд А и Б на таблице 17.6, проектный запас прочности предположительно составляет 1,2. В случае оползней, в которых применены как удерживающие конструкции, так и подземный дренаж, проектный запас прочности 1,2 обеспечивается одними удерживающими конструкциями подземный дренаж делается для перестраховки.

3. Прочие типы оползней

Особенности оползней-потоков (джисубери) описаны выше. Оползни других типов (хокай) имеют следующие особенности. Такие оползни встречаются в различных геологических условиях. Поверхность скольжения не обязательно приурочена к глинистым

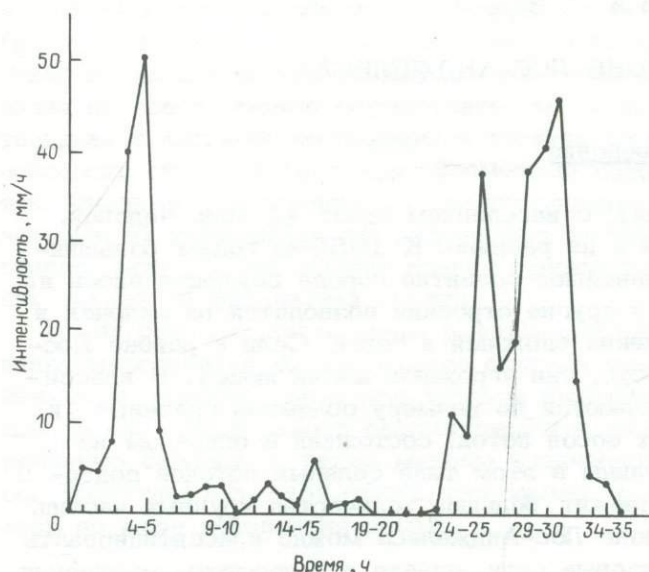


Рис. 17.12. Интенсивность дождей в Накаю, Шибя-Кен

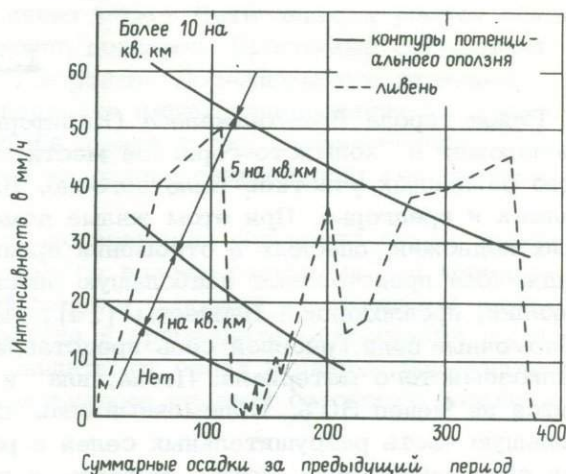


Рис. 17.13. Вероятность оползневых явлений

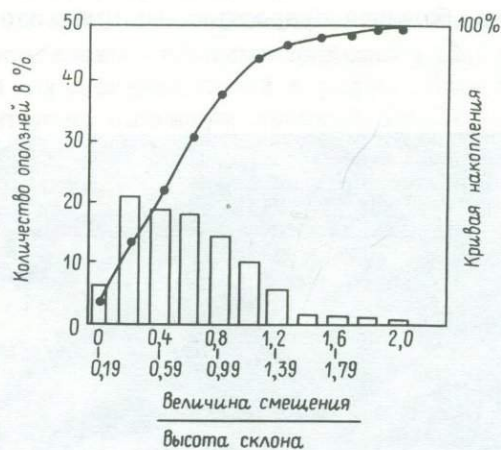


Рис. 17.14. Величина смещения по отношению к высоте склона для оползней, образующихся в результате ливневых дождей

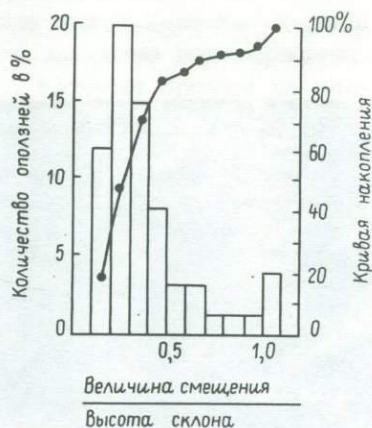


Рис. 17.15. Величина смещения по отношению к высоте склона для пов-торных оползней

грунтам. К этим типам оползней отнесены обвалы скальных пород. Склоны крутопадающие. Скорость смещения очень высокая и движение происходит за небольшой промежуток времени. Движущийся массив пород деформирован. Оползень иногда превращается в сель. Оползни образуются при увлажнении дождевыми осадками и в результате землетрясений. Мощность и площадь оползней невелики. Движение оползня очень трудно прогнозировать, так как оно начинается неожиданно. Если оползень вызывается ливнями, его развитие можно предсказать на основании измерения количества выпавших осадков и их интенсивности. На рис. 17.12 приведен график, где по горизонтали показано время, а по вертикали — интенсивность дождя. По рис. 17.13 можно судить о вероятности формирования оползня. Можно провести кривую, показывающую взаимосвязь между количеством выпавших осадков и их интенсивностью. Рис. 17.14 является образцом прогноза. Рис. 17.14 аналогичен с рис. 17.15. Различие заключается лишь в том, увлажнена поверхность склона или нет.

СЕЛЕЗАЩИТА В РАЙОНЕ ЛОС-АНДЖЕЛЕСА

1. Введение

Район города Лос-Анджелеса (Калифорния), с населением около 11 млн. человек, расположен в холмисто-гористой местности и на равнине. К 1950-м годам большинство равнинных участков было освоено. Дальнейшее развитие города осуществлялось на холмах и предгорье. При этом жилые дома и другие строения возводятся на склонах и у их подножий, опасных в отношении проявления оползней и селей. Сели в районе Лос-Анджелеса представляют наибольшую опасность, они угрожают жизни людей. В классификации, предложенной Варнесом [14], выделяются по размеру обломков грязевые и обломочные сели. Грязевой сел представляет собой поток, состоящий в основном из мелкоземистого материала. Песка, ила и глины в этом типе селевых потоков содержится не менее 50%. Обломочный сел содержит большое количество крупных частиц. Большую часть разрушительных селей в районе Лос-Анджелеса можно классифицировать как обломочные сели, хотя бывают и грязевые сели, однако для простоты изложения мы будем пользоваться термином "сел", понимая под ним все виды селевых потоков.

В южной Калифорнии сели обычно формируются в результате оползания грунта во время сильных ливней. Оползающие массы преобразуются в поток грязи, наполненный обломочным материалом. Вначале грязевый, а далее грязекаменный поток устремляется вниз по руслам водотоков на крутых склонах с очень большой скоростью. При выходе

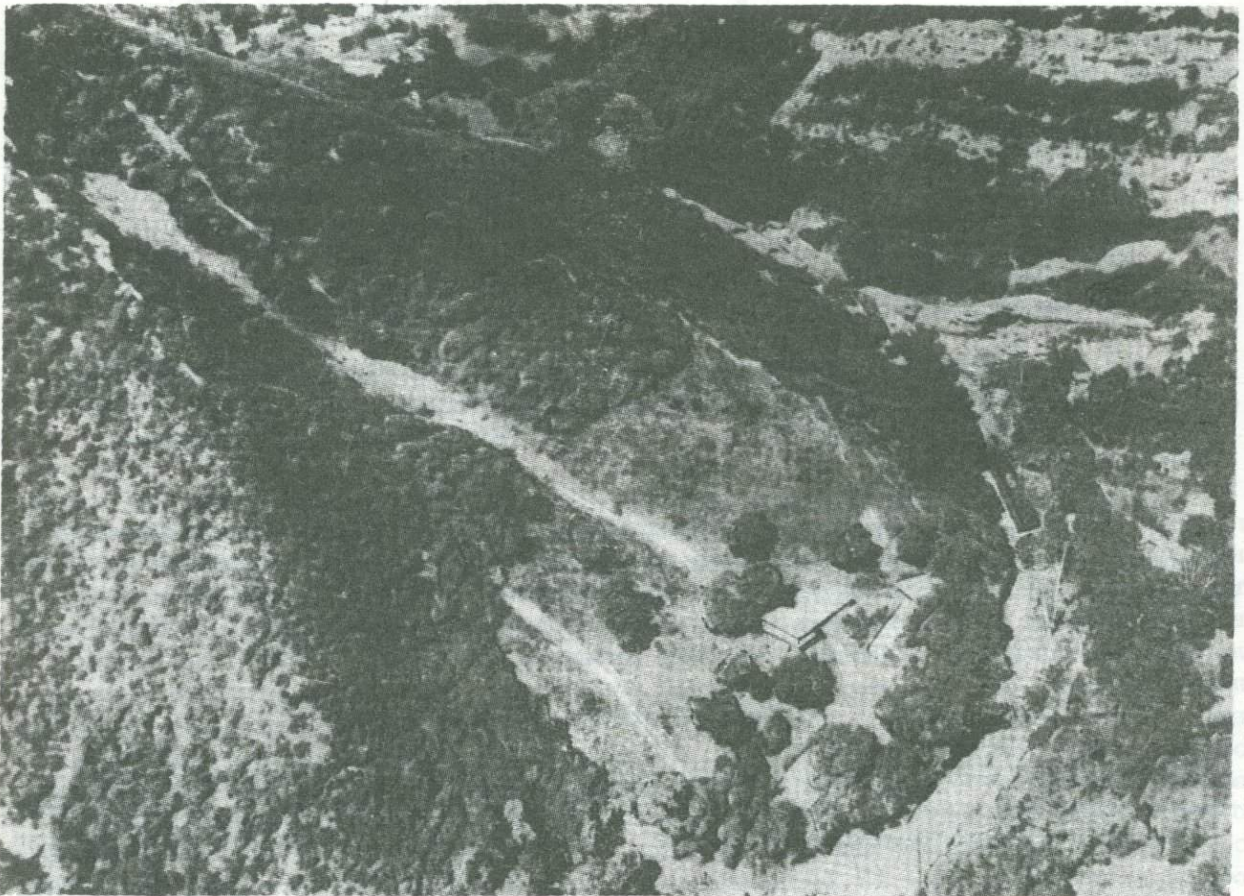


Рис. 18.1. Уступ оползневого и селевого канала выше здания в горах Санта Моника, южная Калифорния (фото Инженерного отдела округа, округ Лос-Анджелес, 1969 г.)

на выположенные части долины (террасы) начинает отлагаться взвешенный материал (рис. 18.1). Поскольку сели начинаются неожиданно и движутся быстро, их воздействие на жилые застройки может быть мощным и разрушительным, а эвакуацию населения не всегда можно осуществить. За период ливня может быть нанесен убыток общественным и частным застройкам в десятки миллионов долларов. Программа сокращения опасности от селей (включая обломочные потоки) в районе Лос-Анджелеса включает три основных направления: а) предотвращение опасности путем планирования землепользования; б) уменьшения отрицательного воздействия селей путем ограниченного строительства и соблюдения правил строительства на основе современных геологических знаний; в) физическая защита.

В тех случаях, когда меры уменьшения или предотвращения опасности путем применения мероприятий по укреплению откосов оказываются неосуществимыми или нерентабельными, следует применять методы физической защиты строений от обрушений склонов. В настоящей работе рассматривается разработка и применение мероприятий по укреплению склонов, а также методы физической защиты от селей в районе Лос-Анджелеса. Эффективность этой общей программы по уменьшению селевой опасности повышалась по мере накопления опыта.

Зависимость селей от количества осадков

В районе Лос-Анджелеса в зимний период 1915-1916 гг., 1933-1934 гг., 1937-1938 гг., 1951-1952 гг., 1961-1962 гг., 1968-1969 гг., 1977-1978 гг. и 1979-1980 гг. произошло большое количество разрушительных селей, которые были обусловлены сильными ливнями [15, 16]. Взаимосвязь интенсивности осадков с частотой образования селей в районе Лос-Анджелеса была наглядно подтверждена исключительно сильными ливнями 18-26 января 1969 г., которые прошли на значительной части прибрежного района южной Калифорнии и вызвали обширную селевую активность (рис. 18.2). Все зарегистрированные сели произошли там, где (а) уровень годовых осадков составил по меньшей мере 250 мм (10 дюймов)*, и (б), где интенсивность осадков превышала 6 мм/ч (0,25 дюймов/ч) (рис. 18.3) [4]. Кэмпбелл считает, что сезонное количество осадков 250 мм (10 дюймов) является тем минимальным количеством осадков, которое необходимо для насыщения большей части мощности делювиальных грунтов, а интенсивность осадков 6 мм/ч (0,25 дюймов/ч), по-видимому, является минимумом, при котором инфильтрация превышает подземный дренаж на большей части делювиальных грунтов. Склоновые сели, образующиеся в результате оползания грунтов, не следует смешивать с паводками, несущими обломочный материал, которые образуются в горных районах во время сильных ливней, особенно в тех районах, где незадолго до того произошли пожары, уничтожившие растительный покров. Смыв поверхностного материала и эрозия донных отложений (включая оползание грунта, обусловленное подрезанием склонов) являются источниками пополнения обломочным материалом водного потока. Эти грязевые паводки (термин предложен Хатчинсоном и Брунсденом на симпозиуме по селям, Лондон, Англия, 1973 г.; для обсуждения вопроса [5] могут формироваться без значительных предшествующих осадков и представляют серьезную опасность в районах аллювиальных конусов выноса и каньонов (рис. 18.4). В определенных условиях грязевые паводки могут нести достаточное количество щебня и образовывать грязевые или каменные сели, особенно в тех случаях, когда во время движения в поток с берегов обрушается большая масса рыхлообломочных пород. Однако, если поступление рыхлообломочного материала прекратится, а осадки будут продолжаться, то опять устанавливается грязепаводковый механизм.

* 1 дюйм = 25,4 мм

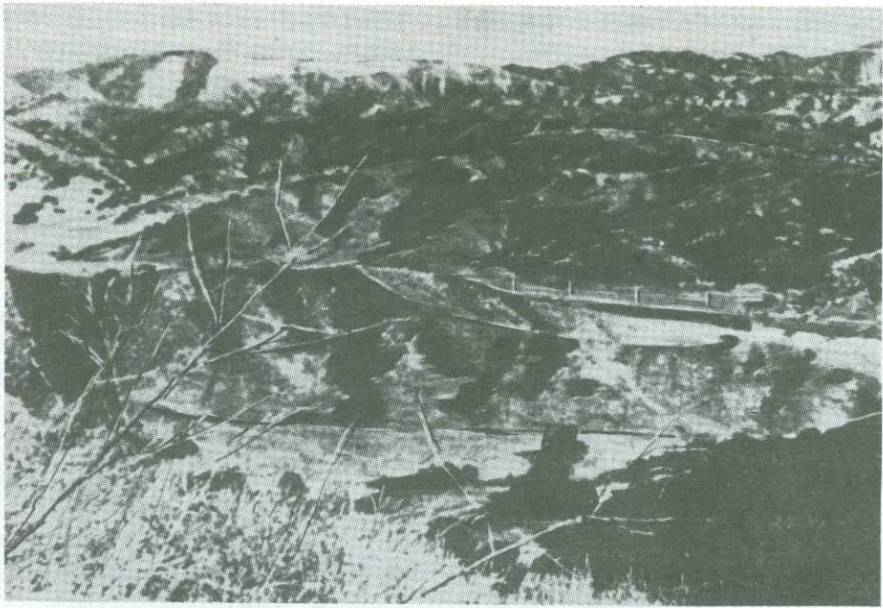
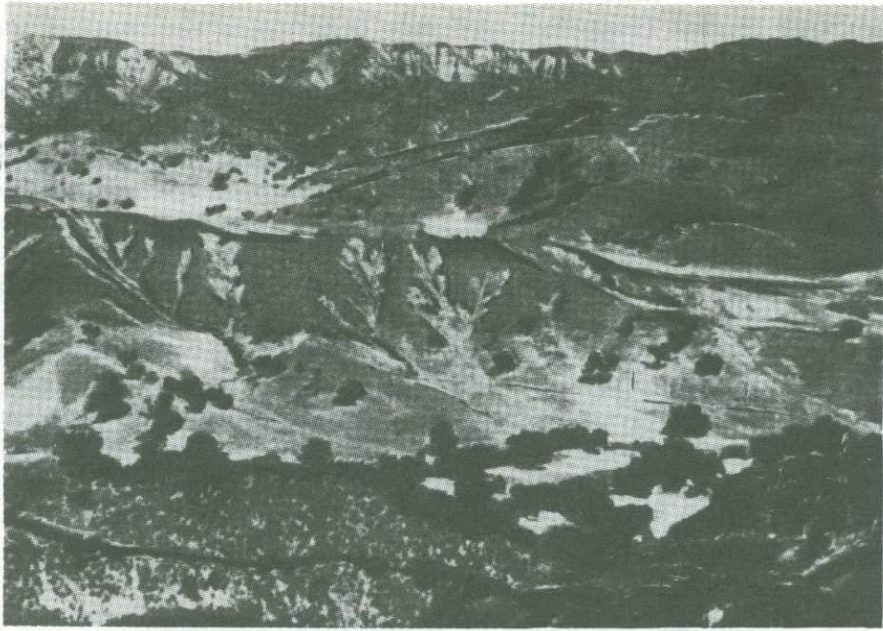


Рис. 18.2. Небольшие оползни в коллювиальных отложениях в южной Калифорнии. а - до ливня, б - после ливней; уступы, образовавшиеся во время ливня в январе 1969 г.

Со второй половины 1930-х годов Управление по защите от наводнений округа Лос-Анджелес (LACFCD) проводит разработку и эксплуатацию водозащитных сооружений, которые служат для защиты населения, проживающего на конусах выноса, от грязевых паводков на большей части городского района Лос-Анджелеса. Некоторые защитные плотины и бассейны - накопители обломочного материала, построенные Управлением для защиты от грязевых паводков, - служат также защитным средством от грязекаменных селей.

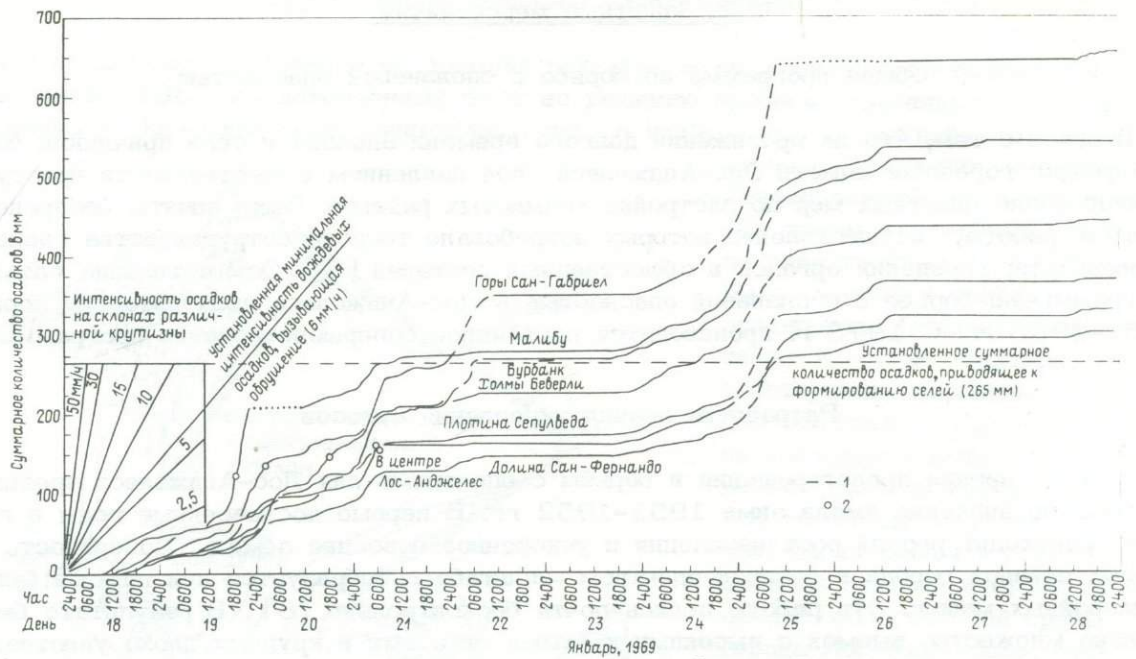


Рис. 18.3. График зависимости осадков от времени в горах Санта Моника и Сан-Габриель и прилегающих низменностях в период обрушений склонов в этом районе 18-28 января 1969 г. (по Кэмпбеллу, 1975). 1. Время движения обломочного материала в русле. 2. Время, когда суммарное количество осадков превысило 250 мм.



Рис. 18.4. Селевой поток, разрушивший жилой район в восточной части города Лос-Анджелес. В пункте, отмеченном X в центре фотографии, было отложено около 2 м (6 футов) ила, песка и гравия. Ко времени фотографирования расчистка улиц уже завершена (фото Геологической службы США)

2. Защитные мероприятия

Общая программа по борьбе с оползневой опасностью

В связи с тем, что на протяжении долгого времени оползни и сели причинили большой ущерб, городские власти Лос-Анджелеса под давлением общественности приступили к реализации защитных мер по застройке холмистых районов. Были начаты беспрецедентные работы, осуществление которых потребовало тесного сотрудничества геологов и инженеров, городских органов и общественных деятелей [6]. Осуществление главной программы по борьбе с оползневой опасностью в Лос-Анджелесе приходится на период 1952-1963 гг. С 1973 г. производится постоянное совершенствование программы.

Разработка правил укрепления откосов

С точки зрения предотвращения и борьбы с оползнями для Лос-Анджелеса чрезвычайно большое значение имела зима 1951-1952 гг. В первые послевоенные годы в городе происходит резкий рост населения и ускоренное освоение земель. Поверхность гористых районов города в беспрецедентном масштабе преобразуется при помощи мощных землеройных машин. Эти работы велись почти бесконтрольно [8]. В результате было сделано множество выемок с высокими крутыми откосами и крупных, плохо уплотненных насыпей. Зимой 1951-1952 гг. в центре Лос-Анджелеса выпало более 660 мм дождевых осадков против среднего значения 250 мм за предыдущие 7 лет [11]. Ущерб от разливов, заносов, эрозии и образования оползней во время одного лишь ливня в январе 1952 г. составил 7,5 млн. долл. (все стоимости в настоящей работе даны в долларах США) [8].

После этого стихийного бедствия муниципалитет Лос-Анджелеса принял в 1952 г. постановление об устройстве откосов, которое было первым регулирующим актом такого рода. Это постановление, предусматривавшее лишь минимальные ограничения, было основано на инженерных методах земляных работ. В нем отводилось лишь незначительное место геологическим аспектам проблемы [11]. Другим важным шагом в направлении уменьшения опасности оползней явилось получение разрешения от инженеров-геологов. В целях осуществления контроля над качеством земляных работ на склонах городской отдел строительства и техники безопасности образовал в феврале 1958 г. Квалификационный совет для инженеров-геологов для оценки подготовленности и опыта геологов, желающих участвовать в освоении гористых районов города [8].

Муниципальное постановление Лос-Анджелеса 1952 г. об укреплении откосов вместе с более строгими поправками, которые были внесены в 1962 г., уже служило образцом для аналогичных положений, принятых калифорнийскими городами Бевери Хиллс, Пасадена, Глендейл, Бюрбанк, Сан-Франциско и Сан-Диего, а также в округах Лос-Анджелес и Орандж. Однако сильный ливень в феврале 1962 г., когда выпало около 200 мм осадков на Лос-Анджелес за 5 дней, привел к обрушению склонов и показал необходимость совершенствования эффективности мероприятий по укреплению откосов. Хотя со времени принятия правил 1952 г. в Лос-Анджелесе было построено 40 000 новых односемейных домов и этот ливень вызвал меньше разрушений, чем ливни предыдущего десятилетия, в постановлении об укреплении откосов еще были явные недостатки [8]. Поэтому в 1963 г. были приняты новые правила укрепления откосов. Постановления 1963 г. Лос-Анджелеса предусматривали:

а) более строгие правила укрепления склонов при земляных работах, уплотнение насыпей и обеспечение поверхностного дренажа;

б) большую степень ответственности инженеров и геологов за проектирование, строительство, инспектирование и освидетельствование строительных объектов, где проводилось подрезание и планировка склонов.

Другие формы борьбы с селеоползневой опасностью

Почти за 20 лет, прошедшие со времени принятия муниципального постановления Лос-Анджелеса 1963 г., накопленный опыт по решению проблем, связанных с оползнями и селями в Лос-Анджелесе, свидетельствует о необходимости дальнейшего изме-

нения действующих положений. Однако разработка и принятие правил укрепления склонов не единственный способ борьбы с селевой и оползневой опасностью. Следует упомянуть также и другие факторы, способствующие успешному решению проблемы. Например, муниципальные власти Лос-Анджелеса создали консультативные комитеты по решению проблем оползней и селей. Один из них, комитет по проблемам геологической среды города Лос-Анджелеса, состоит из специалистов по геологическим аспектам устойчивости горных склонов. Другой, известный как специальный комитет мэра по оползням, был составлен из представителей домовладельцев, промышленности и муниципальных властей, а также инженеров и геологов [6].

Большое значение для успеха борьбы с селеоползневой опасностью в районе Лос-Анджелеса имело накопление научных данных, что способствует пониманию проблемы. Федеральные и калифорнийские учреждения выполнили обширные работы по геологической съемке и составлению карт селевой и оползневой опасности. Иногда эта работа проводилась в сотрудничестве с местными органами власти. Местные университеты и частные консультативные фирмы также проводили картирование и исследо-

вательские работы. Местным отделением Американского общества инженеров-строителей и Ассоциации инженеров-геологов был создан представительный форум для обсуждения этой проблемы. Участие в решении проблемы приняли также отдельные лица и организации, включая строительные фирмы, ассоциации домовладельцев и отдельных заинтересованных граждан [6]. Определенная часть общих усилий по решению проблемы отводилась "просвещению" общественности относительно опасности от селей и ознакомлению "среднего жителя" с методами борьбы с этим видом стихийных бедствий. С этой целью местные организации снабжались различными информационными материалами. На рис. 18.5 показан типичный инструктивный материал из брошюры, выпущенной Управлением защиты от наводнения округа Лос-Анджелес.

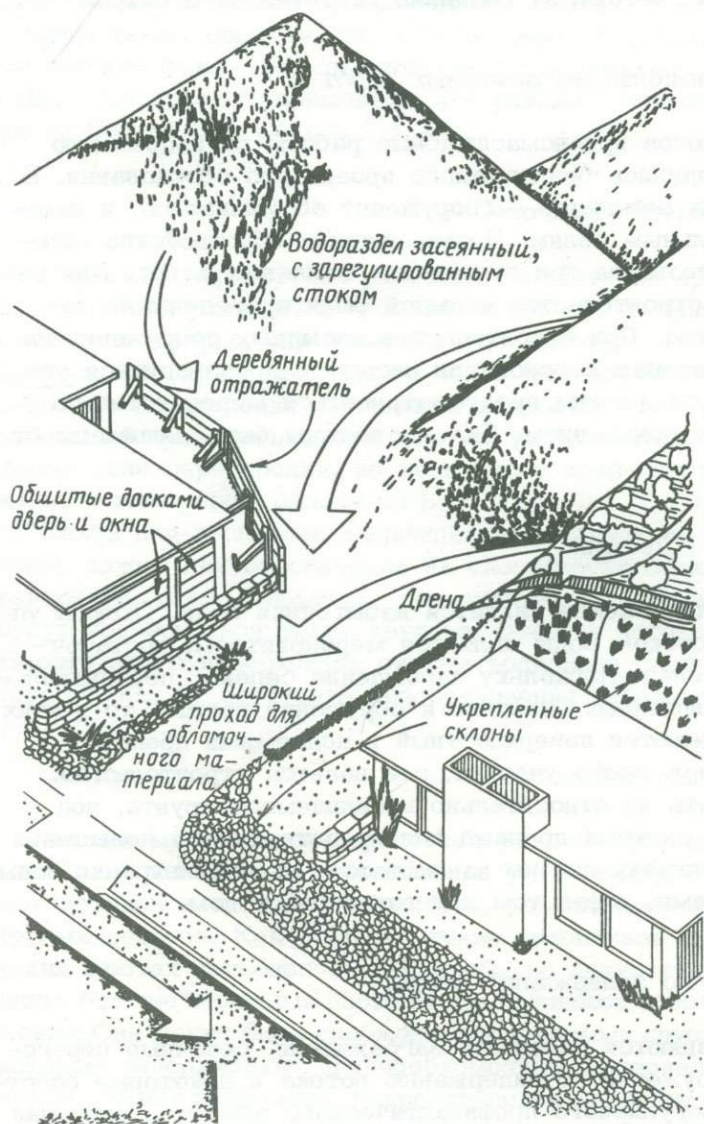


Рис. 18.5. Рекомендации по защите домов от грязевых потоков взяты из практического руководства для домовладельцев, подготовленного окружным управлением по борьбе с паводками)

Альтернативные пути выполнения требований правил укрепления склонов

Для выполнения требований правил укрепления склонов в районе Лос-Анджелеса в распоряжении инженеров и геологов имеется ряд альтернатив: а) требования к выполнению земляных работ; б) обеспечение необходимого дренажа; в) сооружения по задержанию потока; г) сооружения по отводу потока; д) создание растительного покрова.

Требования к выполнению земляных работ

До принятия мер по укреплению откосов крупномасштабные работы по подрезанию склонов и строительству насыпей проводились без должного проектного обоснования. В период сильных дождей многие из этих земляных сооружений обрушивались, и некоторые из них давали начало разрушительным селям. Новые правила обустройства склонов требуют профессионального проектирования при проведении земляных работ. Для сведения к минимуму подрезок склонов и строительства насыпей были проведены исследования методов и приемов строительства. При строительстве насыпных сооружений на склонах гор должны предусматриваться дренаж в основании насыпи и производиться уплотнение грунта. В случае необходимости должны предусматриваться мероприятия по обеспечению прочной связи насыпи с ее основанием. Склоны должны быть защищены от поверхностной эрозии.

Дренаж

Важнейшим фактором при образовании селей является избыточная вода. Отсюда управление поверхностным и подземным стоком воды является мероприятием, достаточным для предотвращения образования селей. Поскольку зарождение селей первоначально происходит в виде оползаний водонасыщенных участков и обрушений грунта, то в этих случаях обычно для отвода воды сооружаются поверхностный и подземный дренажи. Обычно должен предусматриваться дренаж всего участка, где ведется строительство. Весь насыпной материал должен состоять из относительно проницаемого грунта, под ним должна также быть предусмотрена система дренажа для предотвращения повышения уровней подземных вод. В некоторых случаях склоны защищаются от инфильтрации воды путем покрытия непроницаемыми пленками, асфальтом или торкрет-бетоном.

Сооружения по задержанию потока

Обычно для задержания селей применяются защитные заграждения, сеточные перегородки и бассейны-накопители. Все сооружения по задержанию потока и некоторые сооружения по отклонению потока требуют регулярного профилактического ремонта. Если они одновременно удержали весь или часть обломочного материала одного селя, накопленный материал следует удалять для того, чтобы обеспечить эффективную защиту от следующего селя.

Подпорные (защитные стенки)

Подпорные стенки традиционной конструкции считаются малоэффективным средством для прямого задержания быстро движущегося селевого потока [2]. Однако они достаточно эффективны для предотвращения и сдерживания небольших, медленно движущихся грязевых потоков, которые при сильных дождях могут преобразовываться в сели. Поэтому в тех случаях, когда заграждения правильно спроектированы и поставлены для предотвращения оползаний грунта, они также служат для предотвращения селей. Подпорные стенки широко применяются для укрепления насыпей, однако они могут служить эффективным средством повышения стабильности выемок грунта и естественных склонов. Бетонные стены, возведенные на твердой коренной породе, успешно удерживали небольшие оползни, которые могли бы привести к селям. В случае более крупных оползней может потребоваться бетонирование глубоких выемок. Стены из бетонных блоков,

хотя и широко применяются, оказались малоэффективным средством, кроме того, они недостаточно прочны.

Миерс [9] отмечал, что ударную силу селей можно значительно уменьшить, если удастся отделить крупные валуны из общего потока. В некоторых случаях эту функцию отделения крупных обломков могут выполнить "сквозные" задерживающие плотины или решетки из стали или армированного бетона, в которых структурные элементы расположены таким образом, что обеспечивается проход основной жидкой массы, включая мелкие камни, но удерживаются крупные обломки. Такие сооружения встречаются в США. Они широко применяются в районах, подверженных селям, в Японии и южной части Советского Союза.

Сеточные перегородки

Сеточные перегородки работают по тому же принципу, что и "сквозные" заграждения, т.е. они разделяют проходящую массу. В принципе крупноячеистые проволочные сетки, из которых они делаются (до высоты 1-2 м), удерживают крупнообломочный материал селя, но пропускают более мелкоземистую грязевую массу. Таким образом, сеточные перегородки уменьшают скорость всего потока. Такие сооружения обладают небольшой прочностью, поэтому они разрушаются. Однако, если разрушение сводится к деформации перегородки, но не к сносу всей конструкции вниз по склону, то перегородка выполняет свою задачу [7].

Как и для защитных заграждений, размещение и конструкция сеточных перегородок очень важны для обеспечения их способности замедления скорости движения селей. Перегородки, даже большие, не следует ставить у подножья крутых склонов, где они будут подвергаться удару крупных селевых потоков, движущихся с большой скоростью. Вместо этого в верховьях систем водосбора следует возводить такие перегородки для того, чтобы не допускать преобразования небольших оползней в стремительные потоки.

Бассейны-накопители

Бассейны-накопители представляют собой резервуары, образуемые защитными дамбами. Такие накопители строятся для улавливания обломочного материала больших грязевых потоков в системах водосбора, расположенных выше крупных промышленных и культурных центров. Как правило, такие накопители создаются путем возведения плотины в узких местах каньонов с тем, чтобы не допустить выноса обломочного материала в долины. Многие защитные плотины представляют собой обычные бетонные или земляные сооружения. Они могут быть снабжены решетчатыми спусками воды и мелкоземистого материала, которые задерживают крупнообломочный материал. Плотина рассчитывается таким образом, чтобы выдержать гидравлическое давление "полного резервуара" плюс динамическую нагрузку удара потока. Кроме того, должны удерживать нисходящие сели, а также грязевые паводки. Аски [1] дает сведения для расчета селезащитной плотины.

Бассейны-накопители широко используются в Японии, Индонезии, СССР и других странах для обуздания грязекаменных потоков, вызванных извержениями вулканов или сильными дождями. В течение многих лет Управлением по защите от наводнений эти сооружения успешно применяются в районе Лос-Анджелеса. Однако иногда происходит переполнение емкости накопителя, и сель может перехлестнуть плотину (рис. 18.6). Для восстановления емкости селеприемников в районе Лос-Анджелеса селевые наносы как можно быстрее удаляются из накопителей.

Отклоняющие сооружения

Поскольку традиционные защитные заграждения не способны остановить быстро движущийся сель, отклоняющие конструкции, из которых наиболее распространенной является отклоняющая стенка, часто используются в районе Лос-Анджелеса для защиты зданий на пути селей. Отклоняющая стенка представляет собой защитное заграждение, расположенное не под прямым углом к прогнозируемому направлению потока. Такое



Рис. 18.6. Селеприемник, который был заполнен рыхлым материалом, принесенным грязевым потоком, и переполнен в результате сильных дождей 9–10 февраля 1978 г., горы Сан-Габриэль (фото Джона Шадля, представлено Отделом строительства и техники безопасности Лос-Анджелеса).

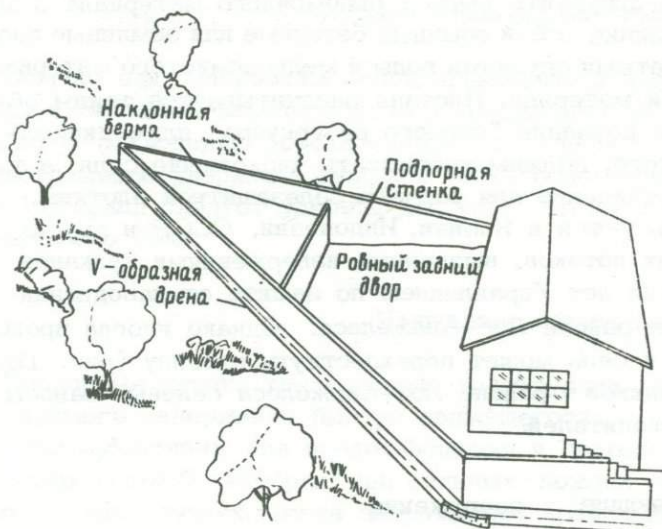


Рис. 18.7. Отклоняющая стена для защиты домов и земельных участков от селей

размещение преграды вызвано необходимостью погасить компонент перпендикулярного усилия, падающего на ограждение, и провести поток вокруг защищаемого объекта.

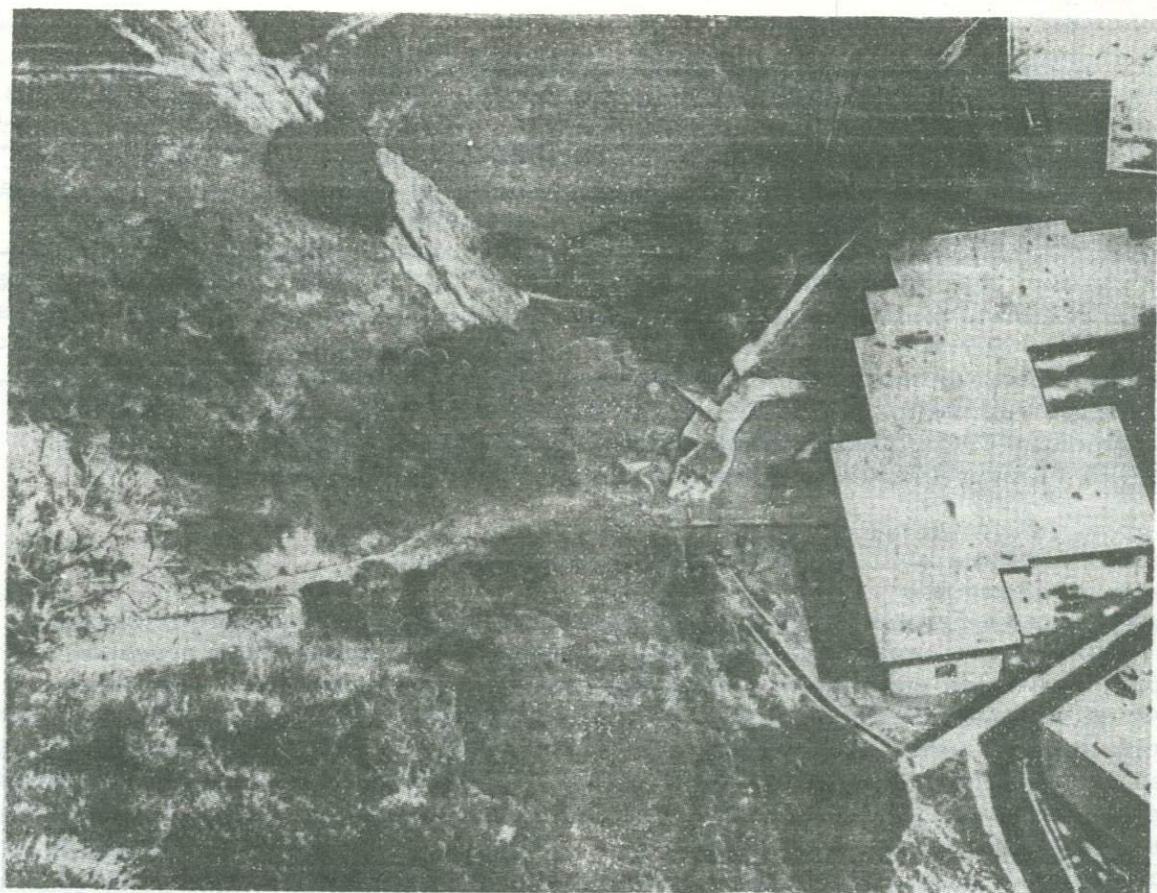


Рис. 18.8. Отклоняющая стена в Лос-Анджелесе, разрушенная селем (фото Джона Шадля, представлено Отделом строительства и техники безопасности Лос-Анджелеса)

Отклоняющие сооружения широко применяются в районе Лос-Анджелеса для защиты отдельных сооружений. Они проектируются и строятся так же, как и другие защитные заграждения. Типичный проект заграждений из армированного бетона марки "А" показан на рис. 18.7. В целом такие конструкции хорошо выполняют свою функцию. Однако иногда имели место разрушения этих конструкций (например, рис. 18.8), когда заграждения не обладали достаточной прочностью. Таким образом, даже при наличии отклоняющей стенки можно рекомендовать дополнительную защиту домов и других сооружений от селей, что можно обеспечить при проектировании стен домов, обращенных к восходящему склону гор, как защитных стенок. Сува [13], Миерс [9] и Холлингсуорт и Ковакс [7] приводят данные по давлению, испытываемому стенами, которые можно использовать при проектировании таких стен. Временные отклоняющие стенки обеспечивают определенную защиту против грязевых потоков, которые переливаются или каким-то другим образом вырываются из предохранительных каналов и создают, таким образом, угрозу затопления жилых районов (рис. 18.5).

Растительный покров

Растительный покров давно считается важным средством борьбы с эрозией. Поэтому во многих городах требования сохранения ландшафта включены в мероприятия по укреплению склонов. Растительности придается особое значение в таких районах, как Лос-Анджелес, где проливные дожди на склонах, обнаженных в результате пожара, или на голых склонах образуют мощные потоки, несущие большое количество мелкого обломочного материала. Постановление муниципалитета Лос-Анджелеса требует, чтобы все склоны при земляных работах, подверженные эрозии, были озеленены. Растительный

покров влияет как на характер стока вод, так и на ее инфильтрацию. Для предохранения от размыва верхнего слоя грунта, что приводит к выносу большого количества щебневого материала с выжженных или голых склонов, необходимо использовать такие растения, которые растут быстро, имеют глубокую, сильную корневую систему, устойчивы к засухе и огню [3]. С другой стороны, хотя большинство растительных покровов из колючих кустарников и травы защищают склоны от поверхностной эрозии, такие покровы способствуют также инфильтрации воды, что может привести к формированию оползней. Корневая система растительного покрова может удерживать рыхлые грунты до тех пор, пока не произойдет оползание склона, но корневая система растений не способна привязать массив грунта к нижележащим пластам, чтобы не допустить его оползания.

Условия довольно засушливого климата могут потребовать орошения растений. Орошение следует проводить осторожно, чтобы не допустить перенасыщения склона водой, что может привести к образованию оползней. Опасность обрушения склонов особенно возрастает в зимние месяцы при сочетании орошения и сильных дождей.

Эффективность защитных мер

Информация, собранная отделом строительства и техники безопасности муниципалитета Лос-Анджелеса, позволила дать оценку эффективности комплексных программ по борьбе с оползневой опасностью. Это данные по обрушениям склонов и нанесенному ущербу на частных землях в холмистых районах. Обрушения произошли в результате сильных ливней 1968-1969 гг. и 1977-1978 гг. Выявлена положительная тенденция уменьшения разрушений после ливней 1968-1969 гг. на участках, где земляные работы велись в соответствии с новыми и пересмотренными правилами планировки склонов [10]. Как показано в таблице 18.1, в среднем ущерб на участках, где работы велись до 1952 г., в 19 раз больше, чем на участках, где строительные работы велись по строгим правилам после 1963 г. Эта разница выглядит еще более внушительной, если учесть, что ущерб более чем в 100 000 из 182 400 тыс. долл. за период 1963-1969 гг. приходится на участки, на которых в этот период проводилось укрепление склонов. Очевидно, что даже на участках с наилучшим решением селевой проблемы могут иметь место разрушения склонов, если строительные работы не закончены. Хотя в проведенном анализе не выделен ущерб от селей среди ущерба от других видов геологических процессов, потери от селей, по-видимому, также значительно сократились.

Значение действующих постановлений по планировке склонов можно видеть по разрушениям, которые были вызваны сильными дождями зимой 1977-1978 гг. В городе Лос-Анджелес отдел строительства и техники безопасности зарегистрировал порядка 3000 обрушений склонов, связанных с прошедшими ливневыми дождями. При этом ущерб оценивается в 50 млн. долл. [11]. Как видно из таблицы 18.2 около 7,5% из 37 000 участков с искусственными склонами, обустроенными до 1963 г., подверглись разрушениям в результате ливней. А из 30 000 участков, где земляные работы велись после введения постановлений по укреплению склонов в 1963 г., разрушениям подверглись лишь 0,7% участков. Данные как 1968-1969 гг., так и 1977-1978 гг. убедительно говорят о том, что мероприятия по укреплению склонов, разработанные и принятые муниципалитетом Лос-Анджелеса, оказались очень эффективным средством защиты городских сооружений на склонах гор от оползней и селей. В период дождей 1968-1969 гг. меры по уменьшению разрушений оказались эффективными на 97% [11]. Эти убедительные аргументы привели к всеобщему признанию того факта, что в городе Лос-Анджелес была осуществлена наиболее успешная программа борьбы с оползневой опасностью в США.

Таблица 18.1

Разрушение склонов под воздействием ливневых дождей в зимний период 1968-1969 гг. в городе Лос-Анджелес (по Слоссону, 1969 г.)^{*)}

	Склоны, обустроенные до 1952 г.	Склоны, обустроенные за период 1952-1962 г.	Склоны, обустроенные за период 1963-1969 гг.
Требования по обустройству склонов	Отсутствие правил планировки склонов, отсутствие определения свойств грунтов, отсутствие инженерно-геологических исследований	Несовершенные правила планировки склонов; потребность изучения свойств грунтов; незначительное применение геологических знаний, однако роль геологических значений не определена, геологи не несут никакой ответственности	Новые современные правила планировки склонов; при проектировании и строительстве учитывались свойства грунтов юридической ответственностью наделяются инженер-проектировщик, специалист по грунтам и инженер-геолог
Количество участков с обустроенными склонами (приблизительно)	10 000	27 000	11 000
Количество участков, подвергшихся разрушению (приблизительно)	1040	350	17
Доля разрушенных участков	10,4%	1,3%	0,15%
Общий ущерб (приблизительно)	3.300 000 долл.	2.767 000 долл.	182 400 долл. ^{**)}
Средняя величина ущерба на один участок	330 долл.	100 долл.	17 долл. ^{***)}

^{*)} За время зимы 1951-1952 гг., 1957-1958 гг., 1961-1962 гг., 1964-1965 гг. и 1968-1969 гг. ливневые дожди привели к схожим разрушениям в период схожих разрушительных дождей.

^{**)} Из общей суммы ущерба в 182 400 долл. более 100 000 долл. приходится на участки, где строительные работы еще не были завершены.

^{***)} Если принимать во внимание только те участки, где в тот период не велось строительных работ, то средняя величина ущерба на один участок составит лишь 7 долл.

Ущерб, нанесенный склонам в результате ливней 1977-1978 гг. в г. Лос-Анджелес
(по Слоссону и Кроу, 1979 г.)

	Участки застройки до принятия правил обустройства склонов 1963 г.	Участки застройки после принятия правил обустройства склонов в 1963 г.
Количество застроенных участков (оценка)	37 000	30 000
Количество разрушенных участков	2790	210
Доля разрушенных участков	7,5%	0,7%
Общий ущерб (оценка)	48-49 млн. долл. ¹⁾	1-2 млн. долл.
Средняя величина разрушений на один участок	приблизительно 1300 долл.	приблизительно 33-67 долл.

1) Существуют три причины, почему общий ущерб был значительно больше, чем ущерб, показанный в табл. 1 за период ливней 1968-1969 гг.: а) ливни 1977-1978 гг. были значительно более сильными, чем ливни 1968-1969 гг.; б) инфляция привела к значительному росту цен на земельные участки и повышению стоимости восстановительных работ в последующие десять лет; в) значительно большее количество застроек стало подвергаться разрушению от ливней.

Литература

1. Aoki K., 1981, Eruption of Mt. Usu and erosion control works. Handout of paper presented at the 2nd Japan-Indonesia Symposium on Volcanic Debris Flow Treatment, Jakarta, Indonesia, 1981, 33 p.
2. Baker R.F., Marshall H.E., 1958, Control and correction, Eckel E.B., ed., Landslides and Engineering Practice. Highway Research Board Special Report 29, Washington, D.C., National Academy of Sciences - National Research Council, p. 150-188
3. California Division of Mines and Geology Staff, 1980, Slope Stability Study of the Baldwin Hills, Los Angeles County, California. California Division of Mines and Geology Open-File Report 80-14 LA, 162 p.
4. Campbell R.H., 1975, Soil slips, debris flows, and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, southern California. U.S. Geological Survey Professional Paper 851, 51 p.
5. Committee on Methodologies for Predicting Mudflow Areas (Campbell R.H., Chairman), 1982, Selecting a methodology for delineating mudslide hazard areas for the National Flood Insurance Program. Washington, D.C., National Research Council, National Academy Press, 35 p.
6. Fleming R.W., Varnes D.J., Schuster, R.L., 1979, Landslide hazards and their reduction. Journal of the American Planning Association, vol. 45, p. 428-439
7. Hollingsworth, Robert, Kovacs G.S., 1981, Soil slumps and debris flows, prediction and protection. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, vol. 18, N 1, p. 17-28

8. Jahns R.H., 1969, Seventeen years of response by the City of Los Angeles to geologic hazards, Olson R.A., Wallace M.W., eds, Proceedings, Geologic Hazards and Public Problems Conference, Office of Emergency Preparedness, Santa Rosa, California, May 27-28, 1969, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, p. 283-296
9. Mears A.I., 1977, Debris-flow hazard analysis and mitigation - an example from Glenwood Springs, Colorado. Colorado Geological Survey Information Series 8, 45 p.
10. Slosson J.E., 1969, The role of engineering geology in urban planning, The Governor's Conference on Environmental Geology. Colorado Geological Survey Special Publication, 1, p. 8-15
11. Slosson J.E., Krohn J.P., 1979, AEG building code review - Mudflow/debris flow damage; February 1978 storm - Los Angeles area. California Geology, vol. 32, N 1, p. 8-11
12. Southern California landslides of 1978 and 1980, Storms Floods and Debris Flows in Southern California and Arizona 1978 and 1980, 1982, Proceedings of a Symposium, National Research Council, Environmental Quality Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California, Sept. 17-18, 1980. Washington, D.C., National Academy Press, p. 291-319.
13. Suwa H., Okuda S., Yokoyama K., 1973, Observation system on rocky mudflow. Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto, Kyoto University, vol. 23, pts. 3-4, N 213, p. 59-73
14. Varnes D.J., 1978, Slope movement types and processes, Schuster R.L., Krizek R.J., eds, Landslides—Analysis and Control. Transportation Research Board Special Report 1976, Washington, D.C., National Academy of Sciences, p. 11-33
15. Weber F.H., Jr., 1980, Landsliding and flooding in southern California during the winter of 1979-80. California Division of Mines and Geology Open-File Report 80-3 LA, 69 p.
16. Weber F.H., Jr., Treiman J.A., Tan S.S., Miller R.V., 1979, Landslides in the Los Angeles Region, California - Effects of February-March 1978 rains. California Division of Mines and Geology Open-File Report OFR 79-4 LA, Preliminary Edition, 265 p.

Глава 19

ОПОЛЗНИ В ГИМАЛАЯХ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

1. Введение

Возраст Гималаев составляет около 60-70 млн. лет. Гималайские горы протянулись на расстояние более чем 2400 км, имея ширину 320 км, и занимая приблизительно 0,5 млн. км² по всей площади, являются огромным климатическим барьером, который оказывает доминирующее влияние на метеорологические условия, жизнь, культуру и историю Индийского субконтинента. Гималаи являются также хранителем огромных водных систем на севере Индии, являющихся источником водоснабжения, ирригации, производства электроэнергии и навигации. Хозяйственное освоение Гималаев, характеризующихся сложным геологическим строением, очень влажным климатом и сильной сейсмичностью района, обусловило большое разнообразие экзогенных геологических процессов. На рис. 19,1 показан диапазон проблем при изучении оползней и селей и способы их решения, а также сопутствующие этим проблемам положительные и отрицательные влияния.

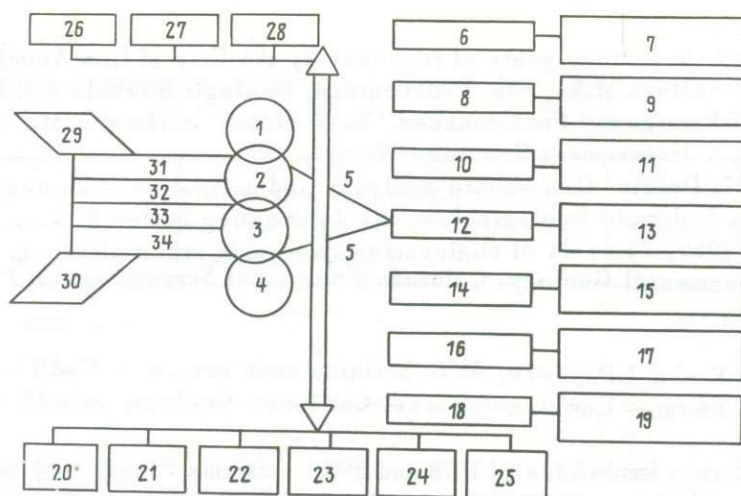


Рис. 19.1. Диапазон проблем при изучении оползней и селей и способы их решения. 1 – геологическое строение; 2 – сильные дожди; 3 – русловые процессы в реках; 4 – сейсмичность; 5 – массовое перемещение грунтов; 6 – эрозия склонов; 7 – высаживание растений, укладка джутовых сетей, сетей из кокосового волокна, забивка деревянных свай, укрепление фашинами, дренаж; 8 – оползни с вертикальным смещением грунтов; 9 – дренаж, подрезка головы оползня, пригрузка подошвы оползня, террасирование склона; 10 – оползни с горизонтальным смещением грунтов; 11 – заделывание трещин и управление эрозией, забивка предварительно напряженных анкеров, деревянные сваи, открытый и закрытый дренаж, включая открытые траншейные дрены; 12 – сели; 13 – горизонтальные дрены, траншейные дрены, засаживание растительностью склонов или использование сетей и кокосового волокна, а также другие методы управления эрозией, габионы; 14 – оползни-потоки; 15 – уплотнение почвы путем забивки свай, виброфлотация или взрывы для уплотнения. Дренаж с помощью труб под насыпями, мощные броды и перехватывающие дрены. Управление плотностью с помощью вибрации; 16 – обрушения грунтов и камней; 17 – камнесборные траншеи, проволочные сетки на склонах, неподвижные и подвижные ограждения, навесы, меры по управлению эрозией, тоннели; 18 – осадка земли и сложные оползни; 19 – совместное использование различных мер, перечисленных выше; 20 – человеческие жертвы, а также падеж скота; 21 – разрушение систем связи; 22 – остановки в торговле и туризме; 23 – застой в деловой активности; 24 – катастрофические последствия, имеющие стратегическое значение; 25 – денудация и уменьшение площади лесов; 26 – восстановление равновесия в природе; 27 – приобретение новых знаний; 28 – создание новых рабочих мест; 29 – вырубка леса; 30 – взрывание; 31 – автомобильные и железные дороги; 32 – поселки; 33 – горная и другая промышленность; 34 – гидроэлектростанции

2. Перспективы

Район Гималаев можно разделить на четыре примерно параллельные полосы изменяющейся ширины, которые представлены в таблице 19.1 Горная полоса лежит в субтропической зоне высокого давления системы глобальной циркуляции, которая на огромной территории Азии в значительной мере изменяется под влиянием обилия тепла летом и сильных холодов зимой. Сезонные меридиональные изменения давления и систем ветров приносят значительные изменения в режим погоды и ветра в разные месяцы года. Приблизительно на расстоянии 400–700 км от Тропика Козерога, климат сменяется с тропического на индийских равнинах, до почти альпийского – на возвышенностях гималайского региона. Для развития оползней и других массовых перемещений грун-

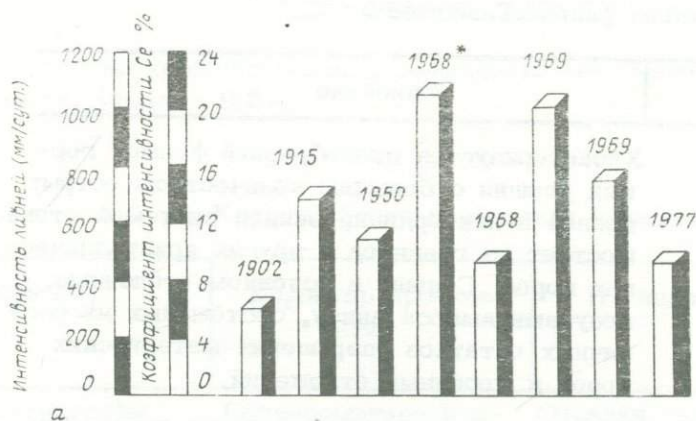
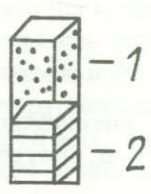
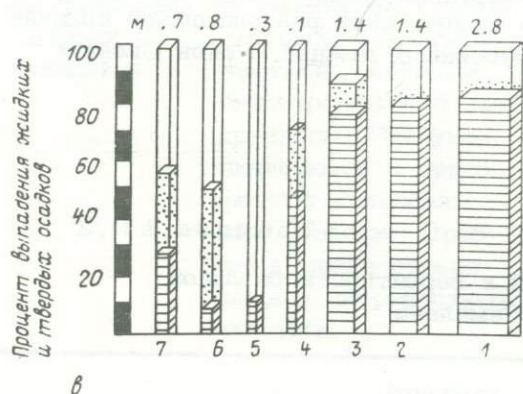
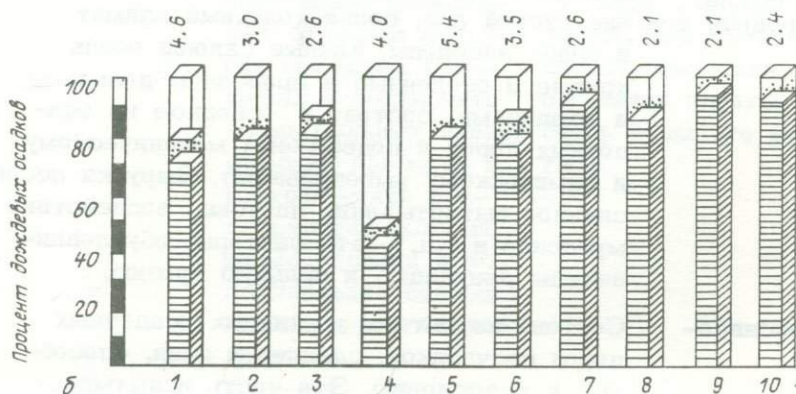


Рис. 19.2а. Интенсивность ливневых дождей и коэффициент обеспеченности ливней для района Гималаев Сикким

Рис. 19.2б. Муссонные дожди в отношении к среднему ежегодному количеству осадков в Сиккиме

Рис. 19.2в. Схема выпадения муссонных дождей и зимних осадков на территории восточных и западных Гималаев: 1 - зимние осадки; 2 - муссонные дожди

Цифры на рисунке
 1 - Бхутан; 2 - Непал;
 3 - Муктешвар; 4 - Лех;
 5 - Каргиль; 6 - Драс;
 7 - Шринагар



та, дожди являются одним из главнейших факторов. В восточной части Гималаев летние муссоны начинаются в первую неделю июня, т.е. почти на месяц раньше, и кончаются приблизительно на три недели позже, чем в западной части Гималаев. Восточные Гималаи получают очень большое количество осадков, преимущественно в виде сильных ливней, с интенсивностью 300-1100 мм в день и более. Соответствующие коэффициенты интенсивности (C_e) определяются как отношение уровня осадков в конкретный промежуток времени, к среднему годовому уровню осадков и составляют от 6 до 22% (рис. 19.2а). Оценка этих значений с точки зрения вероятности оползней дается в таблице 19.2.

В районе Сикким ежегодное количество осадков колеблется от 3500 до 5000 мм, из которых 50-90% выпадает за 4 месяца муссонных дождей (рис. 19.2б). Значение средних ежемесячных осадков в мм, их стандартные отклонения и изменения по десяти точкам в районе Сиккима даются в таблице, приложенной к рис. 19.2в. Большая часть проблем, которые возникают в течение этого периода или сразу после него, обуславливают значительные трудности, особенно в эти три-четыре месяца каждого года. Количество осадков значительно снижается по направлению с востока на запад. С дру-

Классификация района Гималаев

Группа	Рельеф	Описание
Большие или высокие Гималаи	Большая высота зоны оледенения	Характеризуется пилообразной формой горных вершин с большим количеством острых граней и некоординированной системой стока. Состоит из гранитов и других кристаллических пород. Склоны в основном оголенные, с конусами выноса внизу, состоящими из различных остатков разрушения материнских пород и моренных отложений.
Малые или Низкие Гималаи	Высота зоны оледенения средняя или высокая	Северные склоны, более пологие, имеют более густой лес, более холодный климат и слабо заселены. Южные склоны очень крутые и оголенные и прорезаны долинами и трещинами, состоят в основном из осадочных пород и подвержены механическому и химическому выветриванию. Вырубка лесов, сильное вытаптывание пастбищ, воздействие муссонов и т.д. — это факторы, обуславливающие денудацию и сильную эрозию.
Внешние или суб-Гималаи, а также Сивалик	Зона интенсивного смыва	Состоит из мягких третичных осадочных пород песчаников, сланцев и глин, способных к разрушению. Эта часть испытывает на себе полную силу разрушающего воздействия муссонных дождей. Район Сивалик залесен.
Главные аллювиальные долины	Зона низкого рельефа	

Таблица 19.2

Коэффициенты интенсивности ливней и вероятность оползней в восточной части Гималаев

Коэффициент интенсивности ливней, %	Вероятность оползней
> 20	Вызывает оползни и другие массовые перемещения в любое время
10 - 20	Очень высокая вероятность
5-10	Средняя вероятность
< 5	Очень низкая вероятность новых оползневых процессов и довольно высокая вероятность возобновления старых необработанных оползней

гой стороны, в центральной и западной частях Гималаев осадки в виде снега являются более выраженными, с точки зрения их количества, чем в восточном регионе (рис. 19.2 в). Кроме осадков, речные русловые процессы и сейсмичность представляют собой основные природные дестабилизирующие факторы. Такие виды деятельности, как вырубка леса и взрывные работы в горах, дополняют сложность существующих проблем.

3. Классификация проявлений массового перемещения грунта

Удобно классифицировать проявления массового перемещения грунта по их значимости, (табл. 19,3).

Таблица 19,3

Классификация проявления массовых перемещений грунта

Класс	Характер проявления	Последствия	Экономика мер по предупреждению и управлению
Катастрофы	Одновременное возникновение нескольких оползней и других массовых смещений в результате очень сильных ливней, очень высоких паводков и тектонической деятельности, включая новые оползни и возобновление старых стабилизировавшихся оползней	Оползни часто создают подпруживание рек. Ущерб, как правило, катастрофический, а смещение грунтов — очень большого масштаба	Проблемы такого рода часто решаются по мере их возникновения. Меры предупреждения требуют значительных технических мероприятий и дополнительных капиталовложений, которые редко имеются в наличии. Поэтому временные меры дают только частичный эффект
Повторяющиеся оползни и смещения	В основном, старые оползни, в частности, такие, которые были достаточно закреплены. Они увеличиваются и приобретают колоссальные размеры. Проблема менее серьезна для закрепленных оползней	Смещение склонов, как правило, неожиданное, и имеет большие размеры, что вызывает оползание почвы значительного масштаба. Осушение района в значительной степени затрудняется, и подверженность эрозии этого района увеличивается	Требуются специальное строительство и земляные работы большого масштаба, эффективность которых очень тесно связана с выбором конструкции и применением мер управления оползнями
Свежие оползни	На искусственных откосах, проявляются чаще, чем на естественных склонах. Оползни часто включают осадку головы и вспахивание подошвы нового склона	Естественные склоны обычно имеют растительность. Подошва, задняя и боковая часть границ склона довольно хорошо идентифицируется. Сели часто прорезают поверхность таких склонов	"Прошивка" может сохранить склон при незначительных затратах
Блоковые оползни и камнепады	Скатывание камней по склону, которое может вызвать массовое смещение грунтов	Уничтожение мостов, дорог и коммуникаций	Часто требует выбора другого места для дороги, тоннелей, проведения работ по анкеровке склонов
Пластические смещения	Не представляют серьезных проблем	Изгибаются деревья, смещаются строения и т.д.	Никаких попыток для предотвращения такого смещения не предпринималось

Катастрофические события

Катастрофические события, которые обычно происходят после особенно интенсивных ливней, высоких половодий и землетрясений, всегда отмечаются в печати и привлекают широкое внимание общественности, ставят новые проблемы и вызывают большие финансовые трудности. В таблице 19.4 приведены данные по наиболее сильным ливням рис. 19.3 и 19.3б и разрушительным оползням. Разрушительные землетрясения, которые вызывают главные оползни в гималайском регионе, перечислены в таблице 19.5. Оползни, камнепады и значительные переносы обломочных пород турбулентными потоками воды, как правило, перегораживают узкие речные русла и, в конечном счете, создают водохранилища. Некоторые из таких катастрофических событий, приведших к созданию водохранилищ, перечислены в таблице 19.6.

Таблица 19.4

Особенно сильные ливни и разрушительные оползни

Место	Дата	Последствия сильных дождей
Дарджилинг и Джалпагури (Северная Бенгалия)	3-5 октября, 1968 г.	Широкое проявление оползней и других смещений, вызвавших гибель людей и повсеместное разрушение
Уттар-Прадеш	июль, 1970 г.	Река Алакнанда унесла множество человеческих жизней среди паломников. Многие мосты, дома и целые деревни были полностью смыты
Уттар-Прадеш	сентябрь, 1970 г.	Оползни вызвали полное разрушение домов и унесли 223 человеческие жизни
Джамму и Кашмир	февраль, 1971 г.	Оползни вызвали остановку движения транспорта и разорвали коммуникационные связи
То же	август, 1972 г.	Оползни вызвали повреждение строений, а также унесли человеческие жизни
- " -	март, 1973 г.	Оползни отрезали долину Кашмир от страны
Симла (Химикал-Прадеш)	июль, 1973 г.	Оползни отрезали Симла от страны
Северная Бенгалия	июль, 1975 г.	Реки Тееста, Желдака и Диана разлились. Оползни и паводки оставили 45 тыс. людей без крова
Джамму и Кашмир	сентябрь, 1975 г.	От оползней погибло двое рабочих и было остановлено транспортное сообщение на три дня
Дарджилинг (Северная Бенгалия)	июнь, 1976 г.	Река Тееста разлилась, вызвав множество оползней, три человека погибли
Джамму и Кашмир	июль, 1977 г.	Дорога Шринагар-лех заблокирована в результате оползня

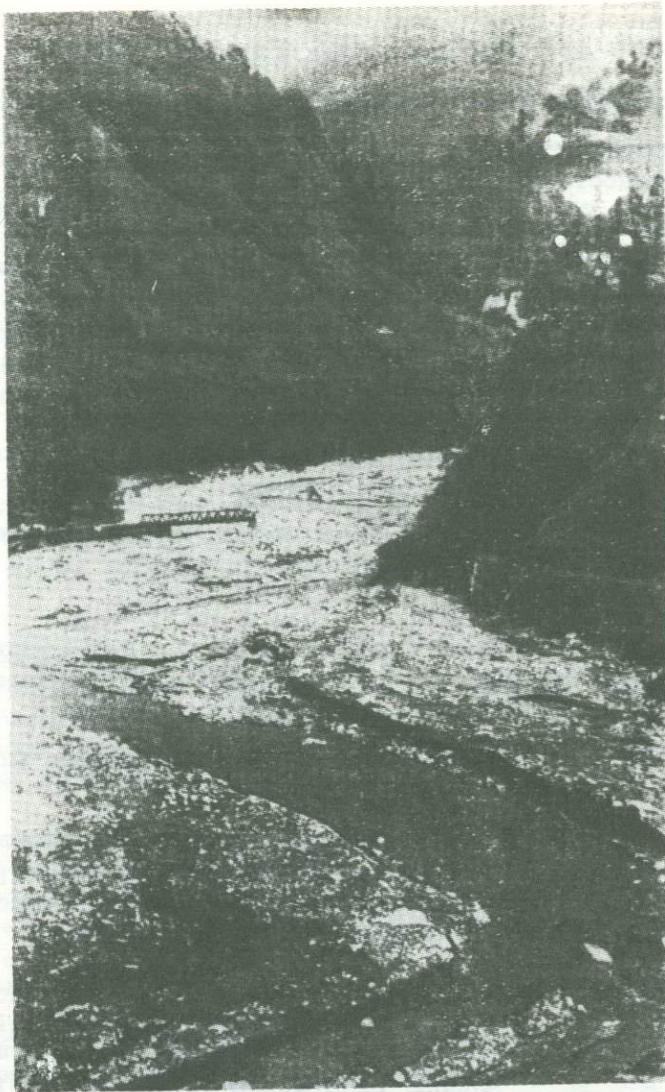


Рис. 19.3а. Вид реки Алакнанда после муссона (виден разрушенный мост).

Рис. 19.3б. Река Алакнанда - мост Бирахи, разрушенный во время паводка



Разрушительные землетрясения в районе Гималаев

Место и эпицентр	Дата	Мощность по шкале Рихтера	Ущерб
Кашмир (34,6°N, -4,4°E)	30 мая 1885 г.	7	Ощущалось на площади 30 000 км ² погибло 6000 человек
Ассам *)	1897 г.	8,7	Ощущалось на площади более 70 000 км ² оползни, сели и осадка земли повсеместно
Кангра (32,5°N, 76,5°E)	1905 г.	8	Ощущалось на площади 4,1 млн. км ² погибло 20 000 человек
Пашгур (Афганистан)	2 июня 1931 г.	7-8	Очень сильное землетрясение, разрушено 50 домов, многие повреждены. Камни скатывались с гор
Квета	24 августа 1931 г.	7-8	Многие дома и железнодорожные мосты уничтожены
Непал (26,6°N - -86,8°E)	1934 г.	8,3	Сильные оползни, разрушение домов, по- перечная составляющая при землетрясе- нии, осадка грунта и песчаных отложе- ний на площади 1.2 млн. км ²
Ассам (28,7°N, 96,6°E)	15 августа 1950 г.	8,5	Ощущалась на площади более 1,2 млн. км ² значительные оползни, камнепады, рас- трескивание, что привело к обрушению зданий, разрушению дорог, мостов и т.д.
Тибет (30,5°N, 91,5°E)	17 августа 1952 г.	7,5	Погибло 55 человек, 157 ранено. Раз- рушено 850 домов
Шринагар **)	2 сентября 1963 г.	5,3	Погибли 79 человек и 400 ранено
Кинаур	1975 г.	6,8	Скатывание огромных камней с вершин гор, что привело к большим повреждени- ям строений и потерям человеческих жизней

*) Землетрясения также происходили в 1923, 1930, 1947 и 1957 гг.

**) Землетрясение также произошло в 1921 г.

Повторяющиеся оползни

В гималайском регионе повторяющиеся оползни вызывают широкий круг явлений, которые приводят к разрушению существующих дорожных систем. На рис. 19.4а дается общий вид (по состоянию на апрель 1972 г.) автострады в восточных Гималаях. Смещения начались после сильного ливня в 1970 г. Около 500 м дороги опустилось приблизительно на 10 м. 9 июля 1973 г. последующие перемещения грунтов еще бо-

Примеры крупных запруд, созданных в результате оползней в Гималаях

Событие	Ссылка
<u>Октябрь, 1893</u>	
Оползень Гохана, сместившийся с высоты в несколько тыс. м в реку Бирахи Ганга, приток Алакнанды, заполнил русло реки до высоты 350 м. Сформировалось озеро, размером 5 км × 2 км. 24 августа 1894 г. в районе города Шринагар вода в реке поднялась на 50 м. Через 2 дня в районе гор. Хардвар уровень воды в реке поднялся еще на 4 м.	Райна и др. 1978 Кришнасвами 1980
<u>1968</u>	
Около деревни Рени, штат Уттар-Прадеш, паводки в реке Риши Ганга создали плотину высотой 40 м. Заиленное к маю 1970 г. озеро в конце концов прорвалось в июле 1970 г.	Райна и др. 1978
<u>Июль, 1970</u>	
В результате того, что узкое русло реки Патал Ганга было перегорожено, создано водохранилище глубиной 60 м. Водоохранилище прорвалось и привело к паводку в реке Алакнанда, что вызвало оползание грунтов	Чансанкар 1975
Паводки в реке Бирахи Ганга, недалеко от ее впадения в реку Алакнанда, вызвали оползание грунтов и запруживание русла реки, которое вследствие этого переместилось в сторону на 10-12 м. Ранее существовавший мост остался в стороне от русла (рис. 19.3а), а другой был уничтожен (рис. 19.3б)	Райна и др. 1978
Приток реки Багирати Канаулдия Гад в верхнем течении Утаркаши, в верхнем Пенджабе Гималаев, создала новый конус выноса поперек главного русла основной реки, перегородила это русло, создав плотину высотой в 30 м. В результате прорыва этой плотины образовался мощный паводок, принесший большие разрушения, а также возникло озеро длиной 1,5 км и глубиной 20 м.	Кришнасвами 1980

лее усугубили ситуацию на дороге, которая опустилась еще на 13 м и передвинулась в сторону на 26 м. Кроме этого, несколько новых оползней проявились в этом же районе (рис. 19.4б). Этот оползень удалось остановить (июнь 1979 г.), (рис. 19.4в) путем возведения массивных защитных сооружений, а также в результате принятия дополнительных мер по укреплению грунта, который еще более дестабилизировался в период муссонных дождей 1978 г.

Еще два примера значительных провалов показаны на рис. 19.5 и 19.6. Последний относится к дороге Миль 9 на национальной автостраде 31 А, которая пересекает формации, представленные слоистыми сланцами [5]. В этом месте в 1957 г. дорога провалилась на несколько метров и затем была быстро восстановлена путем подрезки основания склона и принятия других восстанавливающих мер. В 1963 г. дорога опустилась опять на 5 м и передвинулась в сторону на 15 м. Для стабилизации оползня были осуществлены следующие мероприятия: дренаж, подпорные стенки. В июле 1966 г. дорога опустилась на 18 м. После сильных дождей 1968 и 1972 гг. оползень в значительной мере расширился. И только в 1974 г. были выполнены мно-

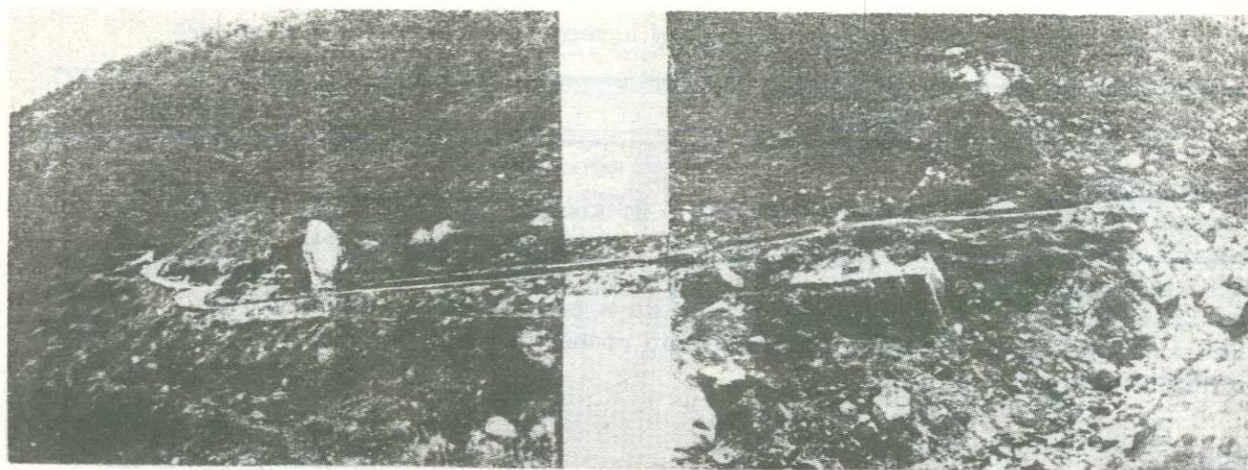


Рис. 19.4а. Общий вид автотрассы в восточных Гималаях в период сильных осадков (апрель, 1972 г.)

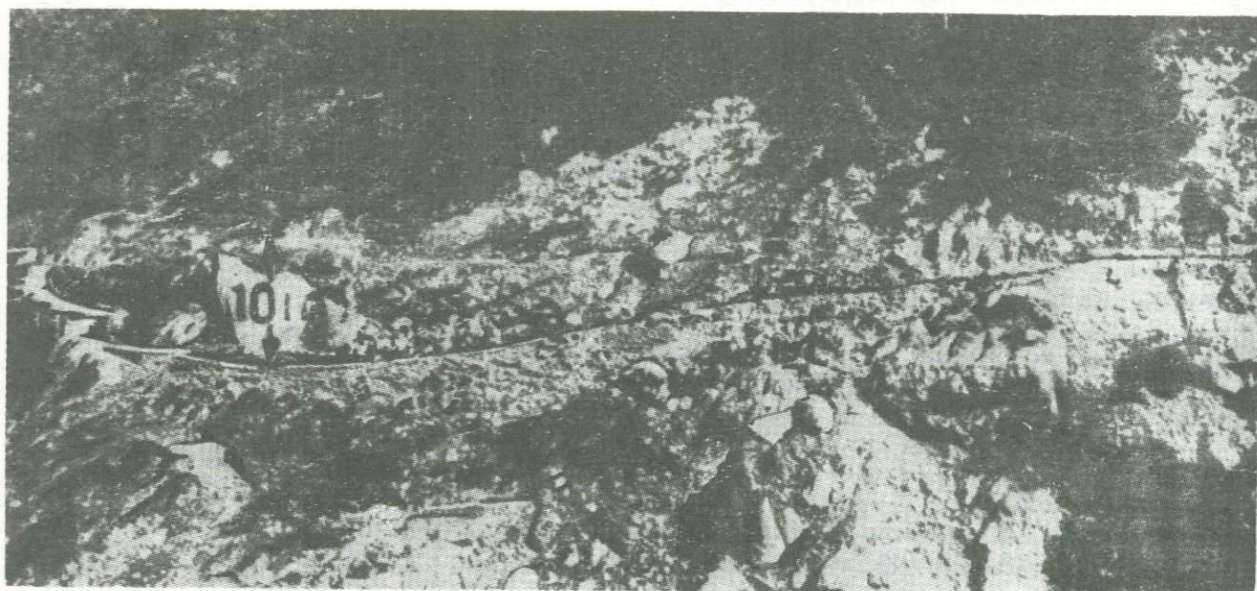


Рис. 19.4б. Дальнейшее опускание и возникновение свежих оползней в муссонный период (октябрь, 1973 г.)

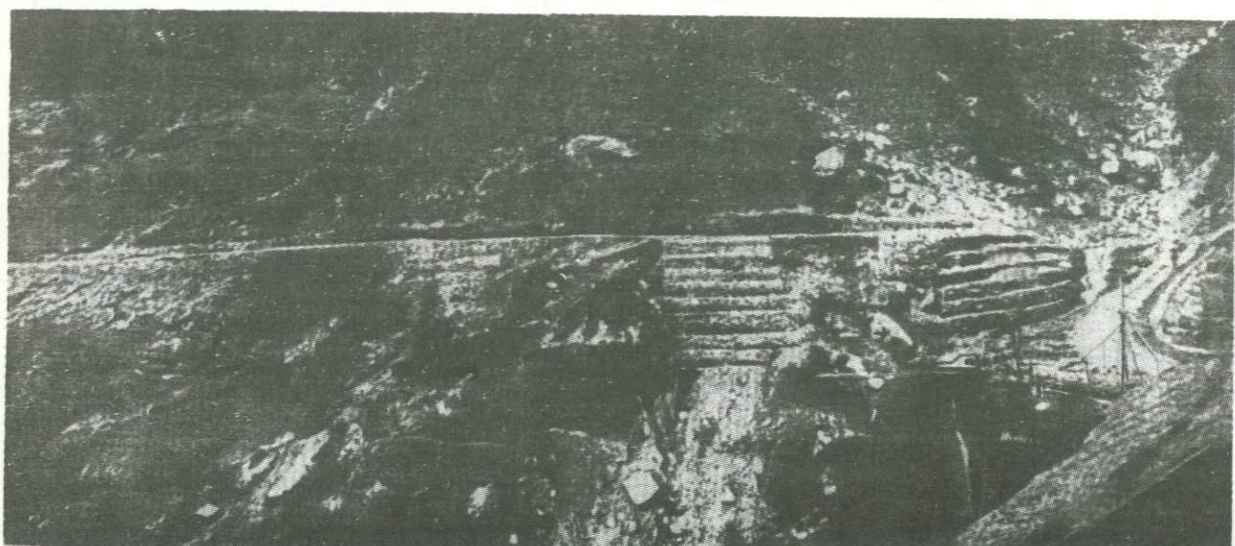


Рис. 19.4в. Общий вид дороги Хигвей и противоползневых мероприятий (июнь, 1979 г.)

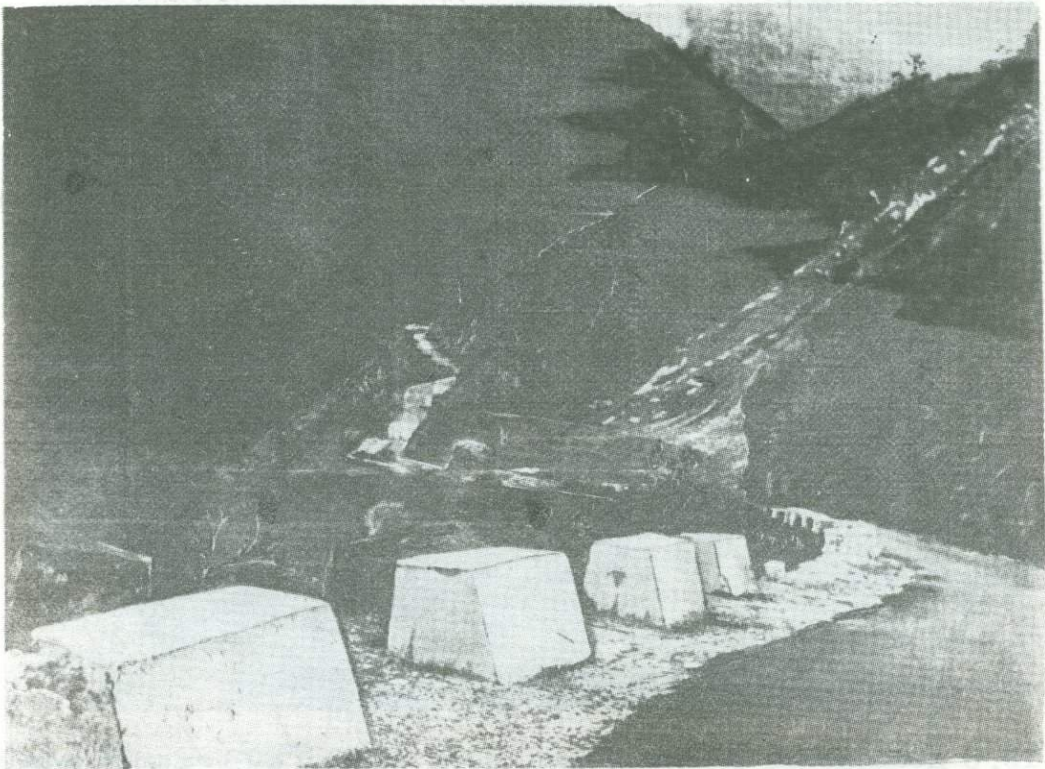


Рис. 19.5 Дорога, разрушенная в результате муссонных дождей в Гималаях

гочисленные противооползневые мероприятия. Эти меры включали строительство облицованных дренажных каналов, мощеных дорожных переездов с отверстиями для пропуска воды и боковыми дренажными стоками, планирование откосов, Установку подпорных стенок, контрфорсов с предохранительными фартуками, а также создание террас и закрепление склонов растительностью. Таким образом, удалось ограничить смещение оползней и получить очень хороший урок, как неэффективные и временные меры по предотвращению оползней, которые выполняются через каждые несколько лет, не могут быть достаточно эффективными по сравнению с работами по созданию комплексной системы закрепления оползней.

Один из широкоизвестных оползней в восточных Гималаях, который имеет очень разнообразную историю и количество повторений более чем за 25 лет, задокументирован Натараджаном и другими [6]. В июне 1965 г., когда автор наблюдал его первые проявления, этот оползень вызвал значительные повреждения и унес много человеческих жизней. Эрозия русла реки в результате прошедших паводков, камнепадов и других склоновых процессов привели к полному уничтожению дороги. В одном случае камнепады (рис. 19.7а) преградили путь к реке, имеющей ширину почти 40 м, на период примерно 20 минут. В 1970 г. этот оползень еще более расширился, и можно было видеть несколько новых поверхностей скольжения, а количество камней в смещенном грунте увеличилось. Верхние части склонов, откуда происходило смещение грунта, имели крутизну от 38 до 70°. Нижняя часть склонов была выположена (30–33°) и представляла собой зону накопления сползшего грунта. Общий вид оползня после муссонных дождей 1973 г. показан на рис. 19.7б. Меры по стабилизации оползня, которые были определены автором, показаны на рис. 19.8. Для предотвращения камнепадов предусматривалась комбинация различных мер, как, например, установка закрепленных и свободных изгородей, установка проволочных сеток и т.д. Подпорные стенки устанавливались для защиты крутых склонов небольшой протяженности. Габiony строились в тех местах, где имелось очень высокое внутрипоровое давление и намечались крупномасштабные смещения грунтов. Весь район должен был дренироваться

5387

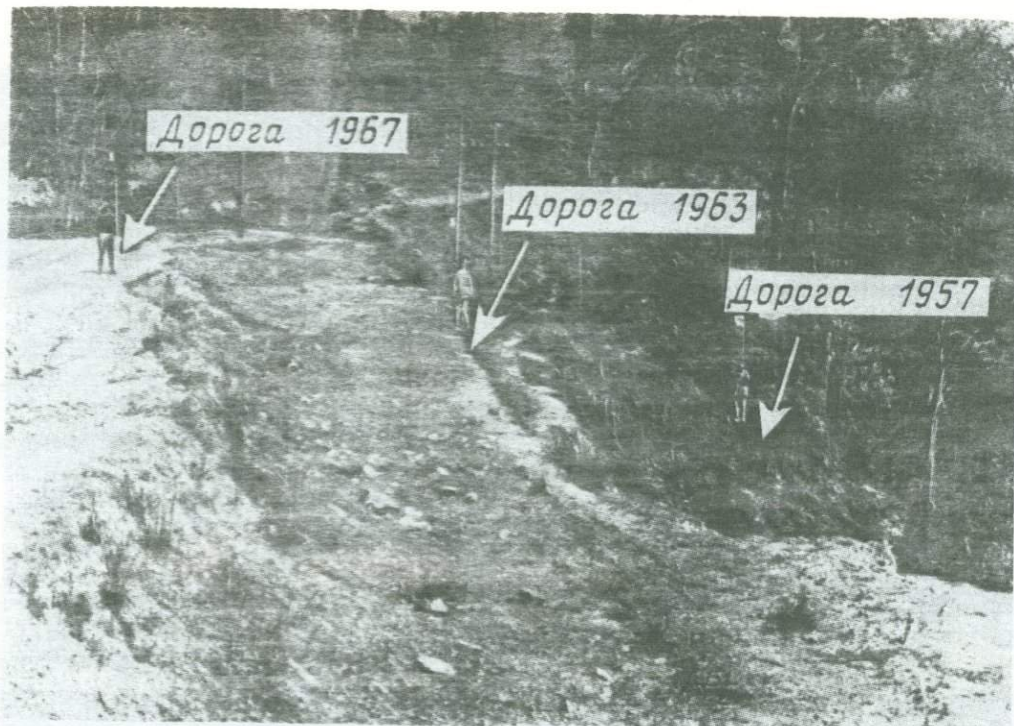


Рис. 19.6 Десятилетняя история осадки дороги в 14–15 км от Гангтока на магистрали Н31А в Гималаях. В данном случае оползень был успешно остановлен

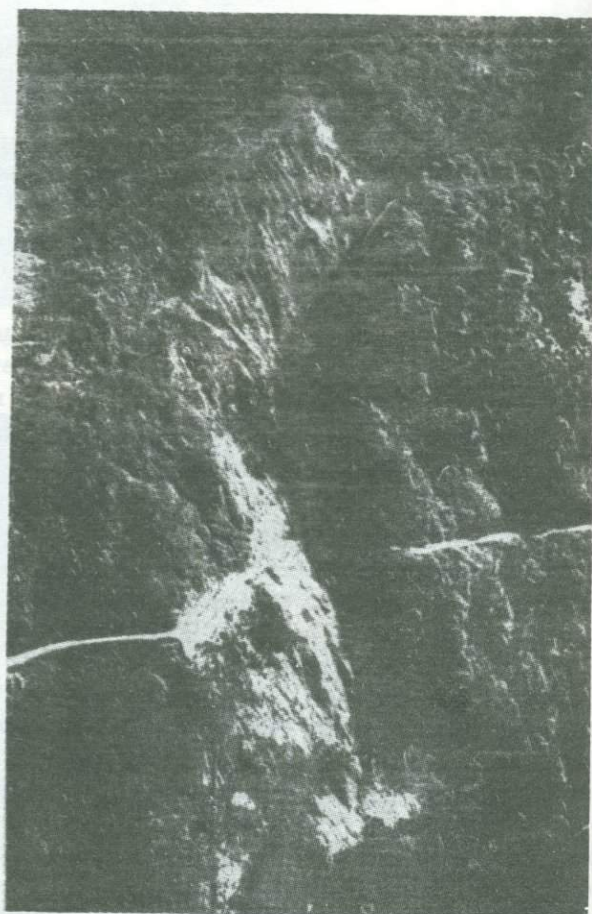


Рис. 19.7 Рост оползня в Восточных Гималаях: а) оползень в 1966 г. б) тот же оползень в 1973 г.

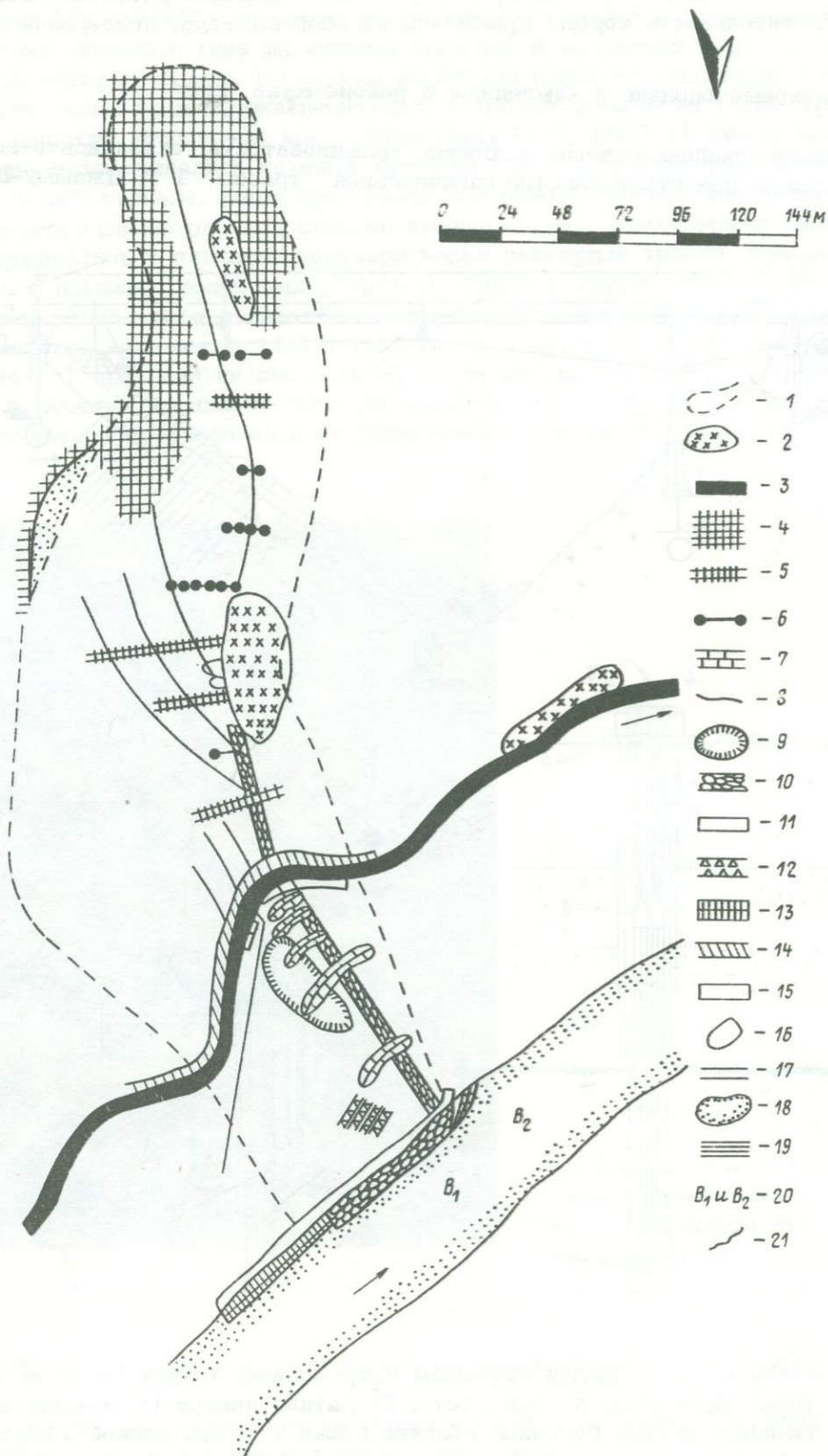


Рис. 19. 8. Противооползневые мероприятия. 1 - граница оползня; 2 - гранито-гнейсы; 3 - дорога; 4 - проволочная сетка; 5 - неподвижные перегородки; 6 - подвижные перегородки; 7 - габион; 8 - естественное русло реки; 9 - район, закрепленный деревянными сваями; 10 - дренажная траншея; 11 - монолитный бетон; 12 - бетонная стенка; 13 - бетонные блоки; 14 - облицовочная стена с боковой дренаж; 15 - подпорная стенка; 16 - каменная наброска; 17 - водоводная траншея; 18 - обработка внешней стороны склона; 19 - существующая подпорная стенка; 20 - места взрывов; 21 - русло реки

широкой сетью каналов. Таким образом, инженерный корпус по строительству дорог сумел в значительной степени предотвратить дальнейшее развитие оползневых процессов. Растительность хорошо прижилась на всей площади, подверженной действию оползней.

Блочные оползни и камнепады в районе Куни Нала

Докембрийские гнейсы, имеющие высокую трещиноватость, оказались очень серьезным препятствием при строительстве национальной трассы 1 А Джамму-Шринагар

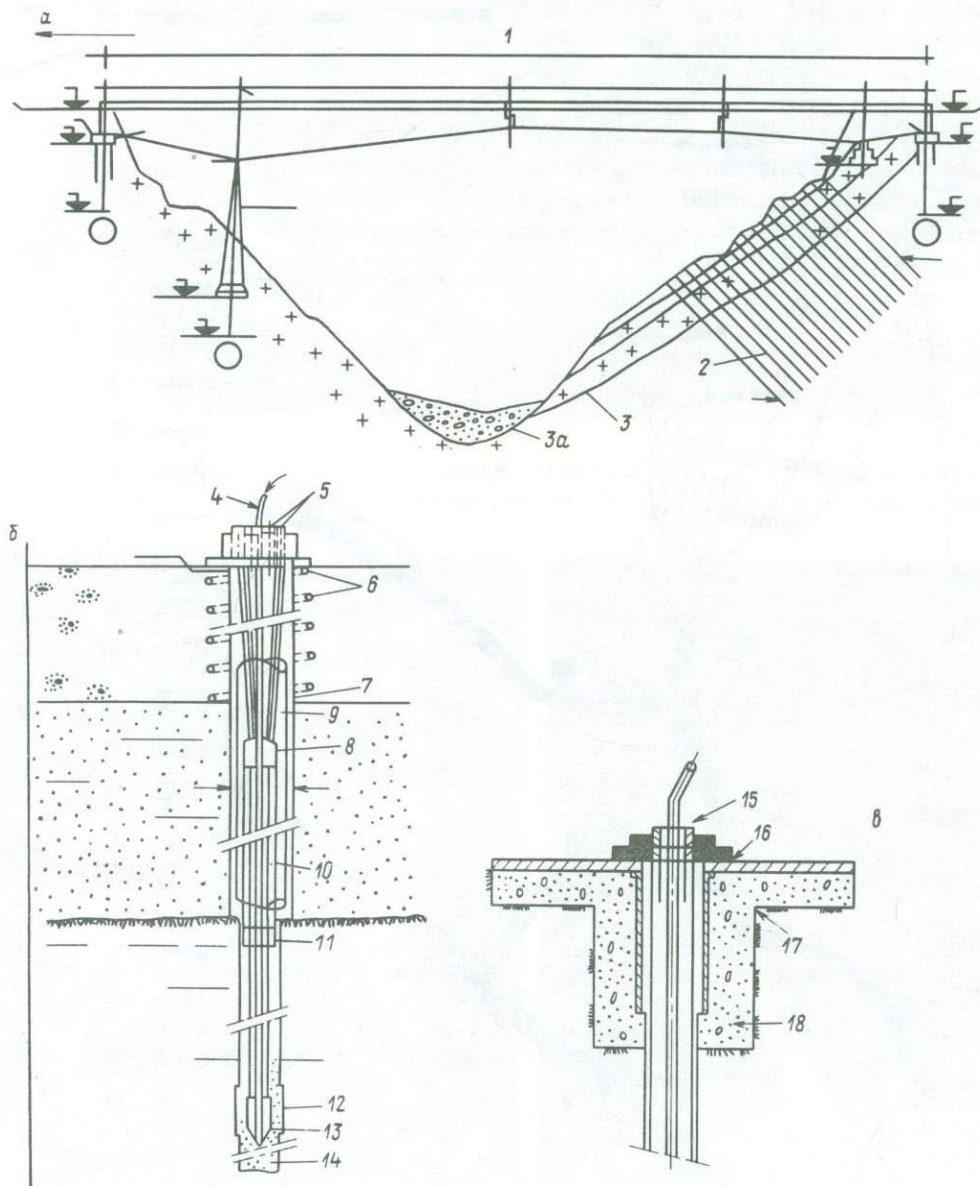


Рис. 19.9. Анкерование с предварительным напряжением в Куни Нала: а) поперечное сечение русла Куни Нала по оси моста; б) детали анкера (с оболочкой из поливинила); в) типичная деталь бетонной головки блока 1 – ось длиной 116,1 м между концевыми опорами; 2 – тросовый анкер, мощностью 100 т на глубину 18,5 м; 3 – гранитные гнейсы; 3а – аллювиальные отложения; 4 – черная трубка из ПВХ; 5 – тросы; 6 – спираль; 7 – трубка с конусом; 8 – верхняя пробка; 9 – анкер; 10 – гибкая труба из ПВХ; 11 – нижняя пробка; 12 – фиксированный анкер; 13 – направляющая; 14 – цемент; 15 – оголовок анкера; 16 – плита; 17 – грунт; 18 – бетон

между городами Рамбан и Банихал. Блоки скатывались со склонов большой высоты (1200–1600 м), а камнепады уничтожали мосты, полотна дорог и коммуникации. В этом месте в 1947–1948 гг. через реку Куни Нала был построен достаточно безопасный тоннель арочного типа из кирпича шириной 4 м. Кровля тоннеля была защищена слоем монолитного бетона и накатом из бревен большого диаметра, который должен был смягчать удары камней, скатывающихся в долину реки Куни Нала. При строительстве более широкой автострადы мост через Нала (рис. 19.9 а) нужно было перенести в район, куда недокатывались камни с вершины горы, т.е. примерно на 65 м ниже по течению этого тоннеля. Было предложено построить центральное пропускное отверстие большого диаметра для пропуска камней сверху. Устой моста были заанкерованы и удерживались с помощью предварительно натянутых тросов, концы которых заякоривались с помощью роликовых устройств. Породы, сильно трещиноватые, со стороны Джамму у этого моста должны быть закреплены с помощью предварительно напряженных анкеров мощностью 100 т каждый [8, 12]. Конструкция типичного анкера в этом месте показана на рис. 19.9б, а детали заделки конца троса показаны на рис. 19.9 в. Анкеры предварительно напрягались до 110 т каждый. Измерения обнаружили, что потеря предварительного напряжения составляла только 4,5% (рис. 19.10).

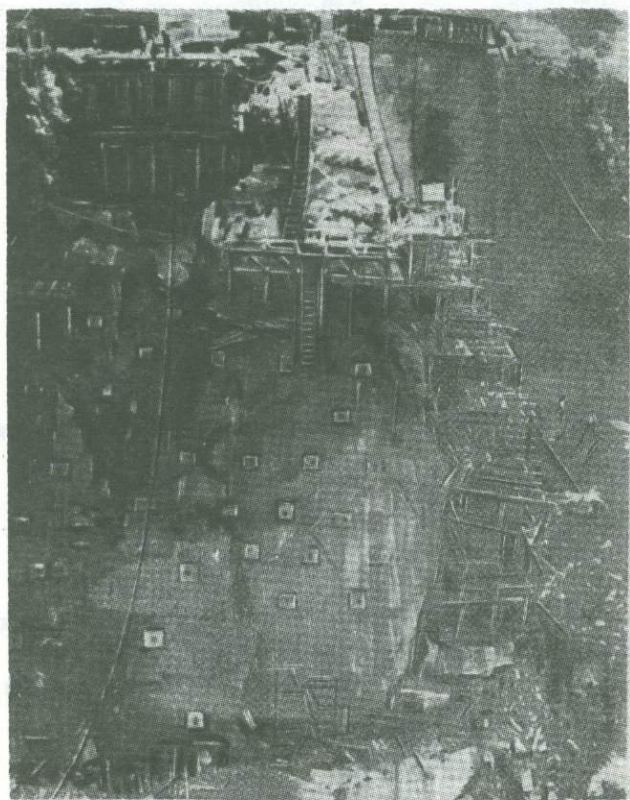


Рис. 19.10. Анкерование предварительно напряженными конструкциями неустойчивого откоса в долине реки Куни Нала

Краткая характеристика мероприятий по предотвращению оползней и селей

Общие меры по предотвращению оползней и селей приведены в таблице 19.7. Некоторые наиболее важные меры детализированы ниже.

Мероприятия по предупреждению оползней

Предупреждение оползней	Предотвращение эрозии	Устранение опасности камнепадов
Изменение трассы дороги. Тоннели. Освобождение напряжений. Срезка головы оползня. Обработка, перепланировка и террасирование склонов. Предупредительные меры.	Насаждение растений, лесов и т.д. Террасирование. Сети из джута, кокосового волокна и проволоки. Заградительные плотины из бамбука. Фашины.	Тоннели. Козырьки. Террасы и проволочные сети. Камнесборочные траншеи по бокам дорог. Неподвижные и подвижные изгороди. Отклоняющие стенки. Анкерование пород и т.д.
Поддержание растительности на склоне, дренаж, отрывка каналов и защита свежих уклонов при проходке траншей.	Заградительные плотины из бревен. Закрепление битумом свежих склонов. Улучшение дренажа. Террасирование склонов и обеспечение прохода для воды. Уплотнение оползающих масс и террасирование.	Бетонирование. Отклоняющие выпуски и коллекторы на склонах. Комбинирование одного или более способов, перечисленных выше.
Ограничительные сооружения.	Действия по управлению речными процессами.	Открытый дренаж.
Габионы, Кирпичные стенки и стенки из железобетона, Насыпные стенки с укрепляющими каркасами. Сдерживающие, ограничительные и пропускные стенки. Стенки у подошвы. Анкерование стенок, Кирпичные стенки, Укрепление стенок с помощью свай. Стенки, укрепленные клеткой.	Изменение направления русла реки с помощью боковых отводов. Очистка узкого русла с помощью взрывания горных пород. Защита подошвы склона с помощью ежей, связанных массивных бетонных блоков и с помощью стенок, Отклонение стока от места возможного оползания.	Контурный дренаж, Боковые дрены у дорог. Мощный брод. Дрены траншейного типа. Закрытые дренажные системы. Горизонтальные плотины. Дренажные галереи. Бамбуковые дрены. Водопропуски. Дрены траншейного типа. Дрены конструируются таким способом, чтобы можно было по ним пропускать насосы.

Меры по предотвращению эрозии

Мульча и сетки. Подробности использования этого метода для предотвращения эрозии с помощью сеток, сделанных из джута и кокосовых волокон, а также метода использования асфальта и мульчи при выращивании растительности на склонах, даны в публикациях Бандари [1], Натараджан и Гупта [8], Бандари [2].

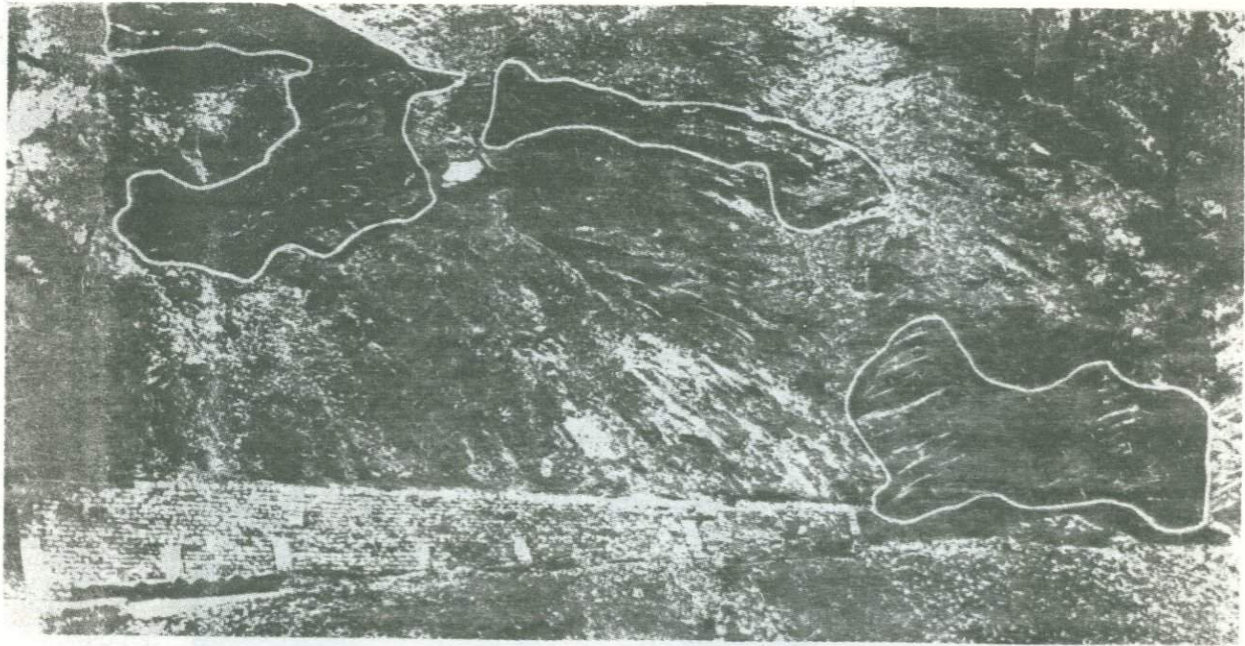


Рис. 19.11. Оползень в местечке Пайнз после обработки склона с помощью разведенного битума

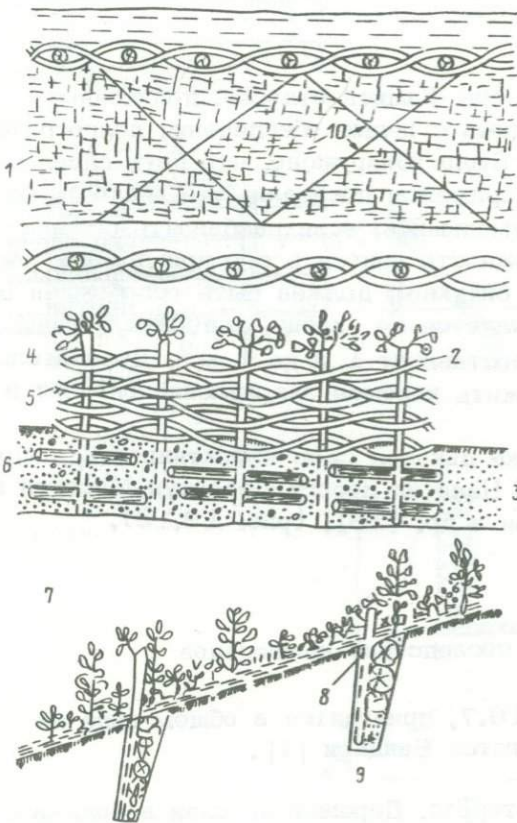


Рис. 19.12. Использование фашин в качестве меры по предупреждению эрозии 1 - мульча и высадка травы и кустарника; 2 - деревянные столбики диаметром 8-10 см; 3 - пространство, заполненное грунтом и бульжником; 4 - черенки, которые начали расти; 5 - изгородь из сучьев кустарника; 6 - фашины из сучьев; 7 - мульча и высадка травы и кустарника; 8 - черенки, которые могут приняться и расти; 9 - фашины; 10 - трос для связывания мульчи



Рис. 19.13. Метод укладки клетки и террасирование в районе Падамчен

Использование битума для закрепления откосов. Защита откосов, полученных в результате недавно пройденных траншей, необходима с целью обеспечения долгосрочной безопасности вскрытых горизонтов от эрозии. Было обнаружено, что двух слоев битума (стандарт рц3) обычно достаточно. Эксперименты показали, что вязкость битума в холодном состоянии можно значительно уменьшить, если разбавлять его растворителем до 50%, и при этом улучшится возможность наносить его при помощи распыления. Откос, перед тем как он будет покрыт битумом, должен быть освобожден от растительных остатков и камней. Смесь распыляется по склону, заполняя трещины и закрепляя его таким образом. Расход смеси составляет 1 л на 1 м². Доказательством эффективности этого метода может служить хорошее закрепление оползня в Пайнз недалеко от Нанитал (рис. 19.11).

Фашины. Метод с использованием фашин уже доказал свою эффективность, например, при закреплении нижней части оползня Нолота Нала на дороге Дерандун-Миссури в верхних Гималаях, Ассад и Матур [9], Шастри и др. [13], (рис. 19.12).

Предупреждение и устранение последствий камнепадов

Некоторые из мер, перечисленных в табл. 19.7, приводятся в общем виде на рис. 19.14. Подробно такие меры рассматриваются Бандари [1].

Закрепление с помощью деревянных свай и террас. Деревянные сваи в большинстве очень хорошо подходят для закрепления неглубоких оползней и селей в Гималаях. Забивание деревянных свай в такие грунты приводит к уплотнению грунта и обеспечивает эффект шва. Деревянные сваи после забивки обычно закрепляются поперечинами в обоих направлениях. Классическим примером успешного применения этого метода является оползень Падамчен в восточных Гималаях, где было забито около 60 тыс. деревянных свай толщиной 12,5–15 см и длиной 3 м на глубину от 1,5 до 2 м (рис. 19.13), Бандари [2].

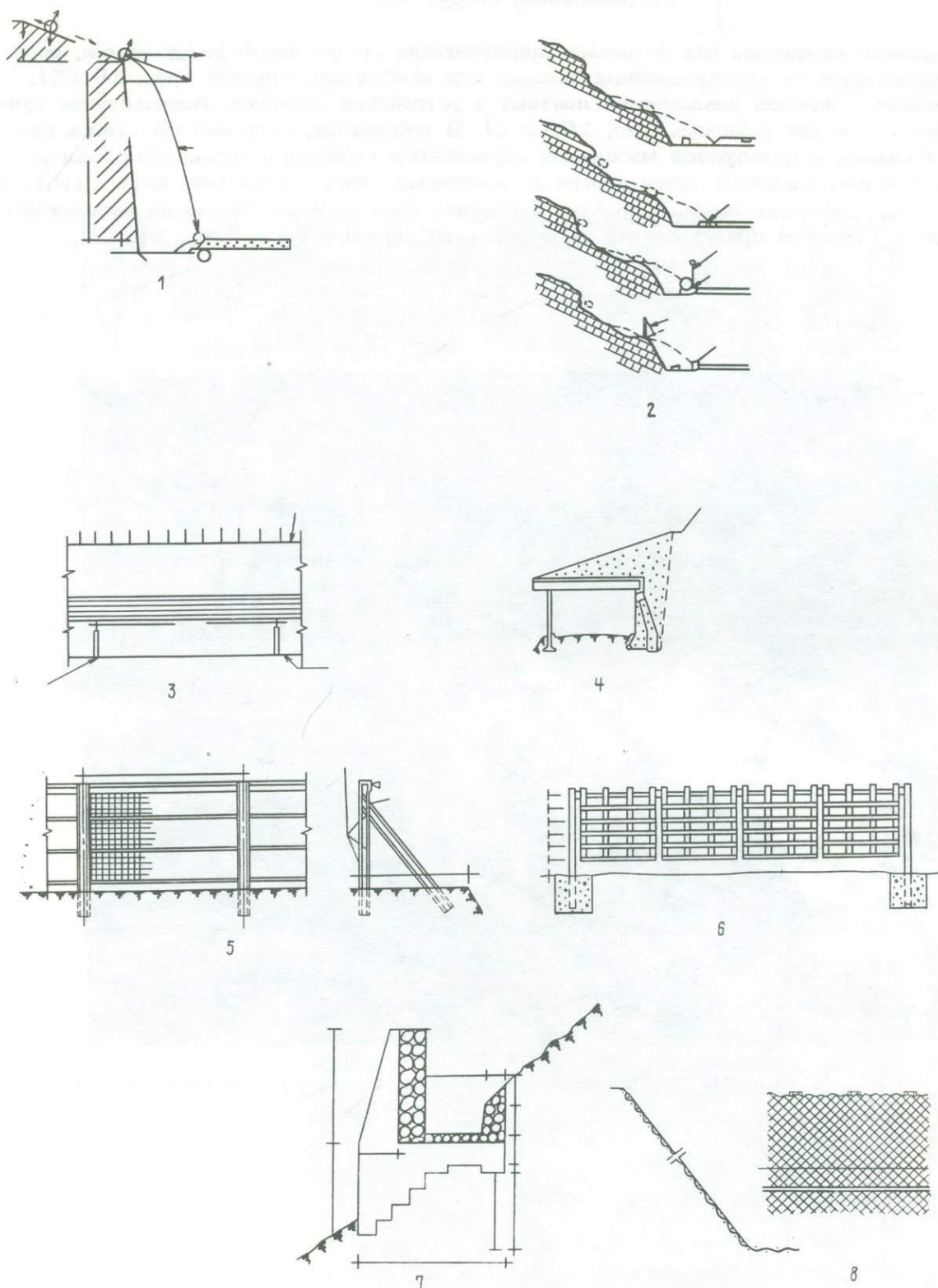


Рис. 19.14. Меры защиты от камнепадов: 1 - траншея для перехвата камней (разрез); 2 - траншея для перехвата камней с закрепленными и свободными изгородями (разрез); 3 - схема траншеи в плане; 4 - защищенная галерея (разрез); 5 - закрепленная изгородь; 6 - незакрепленная изгородь; 7 - отклоняющаяся стенка (разрез); 8 - закрепление откосов проволочной сеткой

Массивные кирпичные или бетонные сдерживающие стенки часто разрушаются, если они устраиваются на незакрепленных склонах или оползающих грунтах (рис. 19.15). Современная тенденция заключается поэтому в устройстве габионов. Используется ручная вязка сетей для габионов (рис. 19.16 а). В том случае, если высота стенок габионов большая, используются массивные ступенчатые габионы. Ступенчатый габион для поддержания насыпной части дороги в восточных Гималаях показан на рис. 19.16 б. Кроме того, считается обычной практикой ставить облицовочные стенки на свежескрытых склонах траншей при прокладке автомобильной дороги в горах (рис. 19.17).

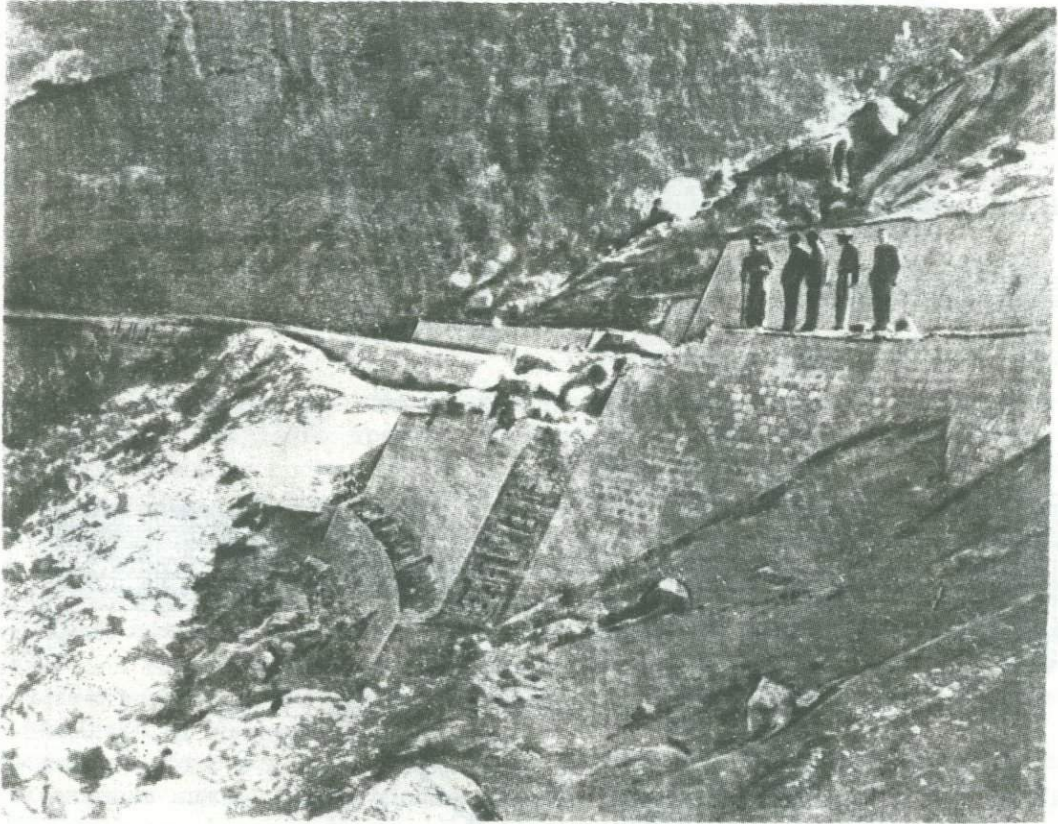


Рис. 19.15. Монолитные кирпичные или бетонные стенки, разрушенные оползнем



Рис. 19.16а. Ручная вязка проволочных сетей для габионов

203



Рис. 19.16б. Ступенчатый габион для защиты искусственного склона по автотрассе в восточных Гималаях

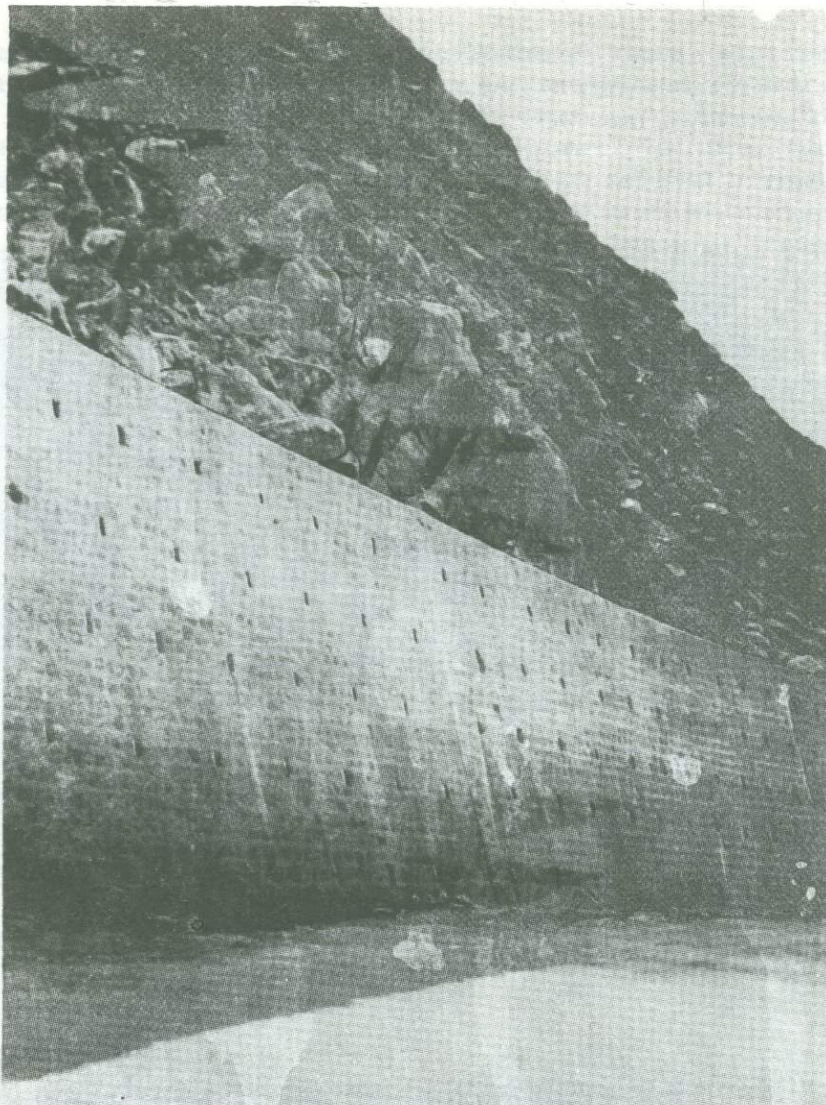


Рис. 19.17. Облицовочная стенка с глубокими отверстиями для защиты свежего склона

Работы по защите речных русел

Большинство рек в Гималаях требуют регулирования русел. Использование поперечных водоотводов, а также взрывание заграждений в ручных руслах, является общим для этого района. Укрепление подошвы откоса, для которого используются взаимосвязанные цементно-бетонные кубы, также является общей практикой. Однако, чтобы эффективно противодействовать размыву русла (рис. 19.18), такие кубы должны обладать достаточно большой массой.



Рис. 19.18. Бетонные блоки в подошве склона

Литература

1. Bhandari R.K., 1977, Some Typical Landslides in the Himalaya. Proceedings of the Second International Symposium on Landslides, Tokyo, p. 1-32
2. Bhandari R.K., 1981, Landslides in Himalaya - Problems, Causes and Cures. Proceedings, UNESCO publications on Project Protection of Litosphere as a Component of Environment. Alma-Ata
3. Chansankar R.A., 1975, Sudden Floods in Himalaya Rivers - Causes and Effects Proceedings, Seminar on Landslides and Toe Erosion Problems with special Reference to Himalayan Region. Gangtok, Sikkim, p. 84-88
4. Krishnaswamy V.S., 1980, Geological Aspects of Landslides with Particular Reference to the Himalayan Region. A state -of- theart-report. Proceedings, International Symposium on Landslides, Vol. 2, p. 171-185
5. Natarajan T.K., Bhandari R.K. et al., 1980, Some Case Records of Landslides in Sikkim. Proceedings, International Symposium on Landslides, New Delhi, vol. 1, p. 455-460
6. Natarajan T.K., Bhandari R.K. et al., 1980, A Major Landslide in Sikkim - Analysis Correction and Efficacy of Protective Measures. Proceedings, International Symposium of Landslides, New Dalhi, vol. 1, p. 397-402
7. Natarajan T.K., Gupta, 1980, Techniques of Erosion Control for Surficial Landslides. Proceedings, International Symposium on Landslides, New Delhi, Vol. 1, p. 413-417
8. Nerurkar A.M., 1980, Prestressed Rock Anchor Analysis for Stabilising Hill Slopes. Pro-

ceedings International Symposium on Landslide New Delhi, Vol. 1, p. 431-437

9. Prasad C., Mathur H.N., 1976, Study of Landslips along the main boundary fault near Rajpur Dehradun. Himalayan Geology, Vol. 6, p. 517-525

10. Raina B.N., B.M. Hukku, Chalapati Rao, 1978, Geological Features of the Himalayn Region with Special Reference to their impact on environmental appreciation and environmen- tal management. Proceedings, National Seminar on Resources Development and Environment in the Himalayan Region, April 11-13, 1978, New Delhi, p. 1-19

11. Rao Y.P., 1978, The Himalayas - Their Climate. Proc. Seminar on Resources Dev. and Environment in the Himalayan Region, New Delhi, p. 20-39

12. Sarma C. et al., 1978, Prestressed Cable Anchoring with Consolidation Grouting for Slope Stability under Khuni Nala, Paper N 332, Jour. IRC, Vol. 39-2, p. 259-299

13. Sastry G. et al., 1981, Landslide Control in North Western Outer Himalaya. A Case Study Bulletin R8/D6, CSWCRS, Dehradun, p. 1-35

ЧАСТЬ III

ЮРИДИЧЕСКИЕ И АДМИНИСТРАТИВНЫЕ АСПЕКТЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОПОЛЗНЯМИ И СЕЛЯМИ

Глава 20

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ ВО ФРАНЦИИ В СВЯЗИ С ПРОЯВЛЕНИЕМ ОПОЛЗНЕЙ И СЕЛЕЙ

1. Введение

С давних времен мы рассматривали смещения грунтов как неизбежное явление, происходящее по причинам, не зависящим от человека [4]. С целью определения предполагаемой юридической ответственности и выработки методов защиты или предупреждения, были выявлены катастрофы, причинами которых является деятельность человека. В качестве примера можно привести целую серию событий, происшедших недавно во Франции. На четыре таких события следует обратить внимание, так как они особенно взбудоражили общественное мнение, обсуждались в Парламенте и в других органах исполнительной власти.

2 декабря 1959 г. разрушилась арочная плотина в Мальпасе. В результате часть города Фрэжо была разрушена, погиб 421 человек. В данном случае причина состояла не в смещении грунтов, а в наличии трещиноватости в скальном основании плотины и повышении внутрипорового давления. Этот факт подчеркивает важность учета геологической среды при определении опасности. 13 августа 1967 г. сейсмический толчок силой всего лишь 5,3 балла в Пиренеях оказался причиной гибели 1 человека и ранения 18. При этом в городках Арет, Кон и Монтори оказались разрушенными 1 тыс. построек и 2500 повреждены. 10 февраля 1970 г. во Французских Альпах на знаменитой высокогорной зимней спортивной базе Валь д'Изер с высоты 2950 м сошла лавина. Дойдя до высоты 1850 м, она разрушила одну из построек спорткомплекса и унесла с собой 39 жизней, 40 спортсменов получили увечья. 16 апреля 1970 г. на плато д'Асси (Савойя, Французские Альпы) грязевой поток объемом 70 тыс. м³ снес западное крыло детского санатория Рок де Физ в Пасси; 72 ребенка погибли. Один лишь только последний пример показывает, насколько важно учитывать геологические процессы.

За последние 10 лет число катастроф во Франции значительно увеличилось. Возникновение различных следственных комиссий и судопроизводств по выявлению ответственности явилось естественным следствием таких событий. В отчетах следственных комиссий имеются предложения, которые преследуют цель регламентировать деятельность для предотвращения или ограничения отрицательных последствий возможных катастроф.

2. Основные законы и ограничения*

Любое тщательное изучение законодательных актов и регламентов, касающихся вопросов смещения грунтов, оползней и грязевых потоков в частности, может дать исчерпывающую информацию. Остановимся на последних основных документах.

1. Закон 61-1298 от 30 ноября 1961 г.

* Законы, принятые голосованием в Парламенте, декреты, постановления и министерские циркуляры.

Ст. 2. Разрешение на строительство может быть не дано или дано* при соблюдении специальных условий в том случае, если строительный объект по своему положению или размерам может привести к нарушению гигиенических норм окружающей среды или угрожать общественной безопасности.

Ст. 3. Возможность производить строительные работы на участках, подверженных наводнениям, эрозии, оседанию грунтов, обрушениям и обвалам, при условии разрешения на строительство, может быть ограничена специальными условиями. Эти специальные условия определяются решениями префектуры, а также муниципального совета и градостроительной комиссии после получения консультаций от заинтересованных организаций и проведения обследования территории в соответствии с законом 59-701 от 6 июня 1959 г., в котором устанавливается процедура предварительного обследования участка, предназначенного для освоения в общественно-полезных целях. Эти процедуры, оставаясь в силе в тех административных округах, где нет плана эксплуатации земель (ПЭЗ), не содержат, к сожалению, точных определений основных понятий (последовательность в принятии решений, например), на основании которых выдаются или отклоняются просьбы на разрешение строительства. Не имеется также указания о том, как соблюдать специальные условия, и что эти условия из себя представляют. В момент проведения обследования не имеется даже карт опасных зон.

Только в одном департаменте Изер [6] начиная с 1962 г. в каждой коммуне постепенно вводится разграничение на опасные и неопасные зоны. В этих целях постановлением префектуры № 62-5044 от 22 ноября 1962 г. была создана департаментская комиссия по определению зон, подверженных опасным явлениям. Эта комиссия является естественным продолжением градостроительной комиссии и состоит из представителей префектуры, служб гражданской защиты, министерства строительства объектов общественного назначения, сельского хозяйства, строительства шахт, институтов геологии и высокогорной географии. Подготовленные в масштабе 1:20 000 и 1:25 000 карты опасных зон используются в качестве источников технической информации.

2. Закон от 30 декабря 1967 г. — один из наиболее важных законов, который лег в основу двух нижеследующих документов по градостроению:

— Генеральный план застройки (ГПЗ), который выполняется в масштабах от 1:25 000 до 1:10 000 и ориентирован на отсутствие какого-либо административного регламентирования;

— план эксплуатации земель (ПЭЗ), который представляет собой карту масштаба 1:5 000, который является обязательным для всех коммун с числом жителей более 40000. При меньшем числе населения выполнение плана считается необязательным. Эти планы (ПЭЗ) были подготовлены совместно представителями различных технических государственных учреждений и избранными членами муниципалитетов. Перед окончательным утверждением ПЭЗ мнение населения было выяснено анкетированием.

Целью этих документов является эффективное и экономичное использование земель, правильное размещение прежде всего важных объектов, таких, как дороги, инфраструктура, объекты общественного назначения и т.д. Они предназначены для организации эксплуатации для сельского хозяйства, промышленности, жилищного строительства (в масштабе от одной отдельно взятой виллы до комплексного насыщенного строительства), для озеленения и т.д. Для каждой зоны ПЭЗ указано правило, которое необходимо соблюдать при строительстве (плотность, высотность и т.д.). Важным нововведением является то обстоятельство, что государству предоставляется право "третьего лица", т.е. соблюдение ПЭЗ считается обязательным, но в конечном итоге за государством остается право гарантировать освоение земель соответственно ПЭЗ.

*Компетентные государственные власти, имеющие право выдавать разрешения на строительство: мэр в общих случаях, префект департамента дает разрешения на государственное строительство или департаментское строительство, на коммерческие или индустриальные сооружения площадью более 1 тыс. м², на строительство высотных домов, а также в некоторых спорных вопросах. Разрешение на строительство также выдает министр в случае, если этот объект общественного назначения и имеет площадь более 2 тыс. м², получивший при этом неблагоприятный отзыв. Он также отвечает за все delicate и сложные проекты, имеющие отношение к компетенции министерства.

3. Закон № 70-1016 от 28 октября 1970 г. прямо касается ПЭЗ и содержит статью 18-1 об опасных зонах: "Графическая информация должна указывать на наличие таких участков местности, на которых имеется возможность затопления, эрозии, оседания грунта, горных обвалов и лавин". В соответствии с этой статьей строительство каких бы то ни было объектов, постоянных или временных, в этих зонах может быть запрещено или ограничено специальными условиями.

4. Циркуляр Министерства внутренних дел от 4 дек. 1970 г. рассылается всем префектам и является результатом обследования безопасности высокогорных лагерей междуведомственной комиссией. Этот циркуляр был следствием катастрофы в Валь д'Изер. В заключение Советом Министров от 21 октября 1970 г., кроме карт с переписью всех опасных явлений, были рекомендованы:

- планы зон, подверженных опасным явлениям; в этом плане должны точно указываться опасные зоны и интенсивность ожидаемых явлений; этот план должен использоваться как ограничение на застройку, соблюдение которого необходимо в целях безопасности, в соответствии с законом от 28 октября 1970 г., и постановлением от 30 октября 1961 г., для коммун, не имеющих ПЭЗ;

- официальные уведомления мэрий лицам, проживающим на опасных территориях, и владельцам частной собственности о том, что они подвергаются опасности;

- консультации геолога по поводу сомнительных участков при утверждении ПЭЗ, а также при получении разрешений на строительство; эти участки должны обследоваться Геологической национальной службой, а результаты представляться в виде рабочих топографических карт в масштабе аналогичных карт опасных зон.

5. Циркуляр Министерства внутренних дел № 76-623 от 26 ноября 1974 г. В соответствии с этим циркуляром составляются списки специалистов по инженерной геологии, которые могли бы консультировать административные органы.

6. Постановление Министерства внутренних дел от 23 апреля 1975 г. Согласно этому документу, Междуведомственная комиссия, основанная в 1970 г., преобразована в Комиссию по вопросам безопасности в горных районах. Эта Комиссия изучает и предлагает заинтересованным министерствам, а также ответственным администрациям, изменения в документах законодательного или регламентирующего порядка, касающиеся административных, юридических и финансовых процедур, способствующих осуществлению поставленных целей, проведению необходимых научных и технических исследований, а также использования всех средств по обеспечению охранных мероприятий и реальной защиты населения и имущества. В постановлении рассматриваются опасность оседаний, обрушений и оползней.

7. Циркуляр МВД и строительства объектов общественного назначения № 76-36 от 24 февраля 1976 г. Циркуляр напоминает о необходимости внесения в документы по градостроительству ПЗ и ПЭЗ границ зон, опасных как с точки зрения естественных проявлений, так и искусственных, и указывает на необходимость принятия мер по обеспечению защиты и спасения.

8. Циркуляр министерства сельского хозяйства № 85-1051 от 25 января 1980 г. Согласно этому циркуляру, организуется "Служба по укреплению грунтов в горных районах", целью которой является, с одной стороны - прогноз и наблюдение за зонами опасными по природным условиям, а с другой - принятие мер по защите от этих проявлений.

9. Закон № 81-1012 от 12 ноября 1981 г. - одно из основных нововведений во Франции, которое касается "изучения и предупреждения опасных явлений природы, представляющих опасность для населения". По этому закону назначается комиссар по "изучению и предупреждению природных явлений, представляющих опасность для населения". В задачи комиссара входит "определение степени риска при возникновении стихийного бедствия и принятие мер по предупреждению или, по крайней мере, снижению отрицательных последствий стихийного бедствия". Первым комиссаром, назначенным по этому закону, был М. Арон Тазнев.

10. Закон № 82-600 от 13 июля 1982 г. о возмещении ущерба лицам, пострадавшим от стихийного бедствия. По этому закону страховым компаниям предлагается увеличить компенсацию за ущерб в результате стихийных бедствий. Этот закон вводит солидарную финансовую ответственность в масштабе страны. Техническое применение

ние этого закона рассматривается в ст. 5-1: "Государство разрабатывает и использует карты, опасные с точки зрения возможности стихийных бедствий. В этих картах определены границы опасных районов и необходимые технические средства для предотвращения отрицательных последствий, которые выделяются частными лицами, частными организациями и государственными учреждениями". Разработка и пересмотр таких карт осуществляются в рамках Государственного Совета. Карты имеют силу наложения ограничений на частное недвижимое имущество в целях общественной безопасности. Они прилагаются к ПЭЗ.

3. Картографическая документация: карты зон, подверженных опасности смещения грунтов (ЗЕРМОС), карты потенциальной опасности, схемы участков, подверженных потенциальной опасности.

Картографические материалы представляют собой документы, в которых учитывается возможность проявления геологических событий, что очень важно при строительстве городов и освоении земель. Проблема состоит в том, чтобы с должной точностью определить степень опасности и время ее наступления. Одним из первых примеров создания такой карты было указание на карте Парижа 204 г. назад места расположения подземных пещер в карстовой зоне. Масштаб карты - 1:1000. Дальнейшее развитие картографии привело к появлению более точных "карт размещения вероятных лавин" Министерства сельского хозяйства масштаба 1:20 000 после катастрофы в Валь д'Изер, где довольно точно указаны районы предполагаемой опасности. Такие схемы в подробностях указывают места возможного схода лавин для более чем 120 коммун. Что касается зон, подверженных наводнениям, то они фиксируются на картах в виде "зон затопления" с цифровой и текстовой информацией (согласно законам от 30 октября 1935 г. и 20 октября 1937 г.). Оползни и сели представляют более сложную проблему для районирования, и поэтому они решаются индивидуально традиционными способами.

Крупным шагом вперед была инициатива Министерства научных исследований и промышленности, в которое входит Управление шахт и минеральных ресурсов, по созданию в 1971 г. совместно с Министерством промышленного и научного развития программы "изучения зон, подверженных опасности смещения грунтов", - сокращенно ЗЕРМОС. Рабочая группа, созданная в 1972 г., в которую вошли представители заинтересованных министерств, Национальной геологической службы и заинтересованных кругов, при утвержденном финансировании по статье на научные и технические исследования и при административном руководстве Национальной службой по защите гражданских сооружений при МВД, приняла план ЗЕРМОС. Этот план начал осуществляться в 1972 г. План состоит из определенного числа карт масштаба 1:25 000, в котором отражены разнообразные районы страны, подверженные смещениям грунтов*. Задача этих карт, создаваемых Национальной геологической службой при помощи специалистов из других организаций и институтов, состоит в создании методологической основы землепользования. Эти карты не несут никакой регламентирующей функции. Их задача состоит в обеспечении полной и объективной информации, которая интерпретируется на картах как различные степени опасности. Некоторые карты снабжаются серией подробных примечаний. К сожалению, осуществляется финансирование только научно-исследовательских работ. Поэтому печатание карт было прервано после того, как было выпущено несколько экземпляров. Новый импульс эта проблема получила в 1982 г., после того, как было введено обязательное страхование от стихийных бедствий и был создан план территорий, подверженных стихийным бедствиям. Хотя сфера применимости этого закона еще не определена, известно, что он будет носить регламентирующий характер и будет определять обязанности сторон и действовать в качестве приложения к ПЭЗ. Это приложение будет иметь формат перечня объектов в масштабе от 1:5 000 до 1:10 000. Он, по всей вероятности, будет служить в качестве начальной информации в тех зонах, где требуется дополнительное картирование в масштабе 1:25 000 и создание соответствующих карт ЗЕРМОС, на которых будут отмечены связанные явления. Такие карты "зон, подверженных опасности стихийных бедствий", послужат научной и технической документацией для разработки схем, которые и будут выполнять функции регламентов.

* На карте отмечаются следующие явления: выпадение камней и блоков, обрушения скальных пород, оседания и обвалы, оползни и сели, образование каньонов, лавовые и дождевые потоки.

3. Заключение

Эволюция юридических и административных аспектов смещения грунтов, а также увеличение опасности стихийных бедствий ускорила во Франции разработку принципов, разделяющих ответственность сторон. Солидарную ответственность в национальном масштабе за убытки, понесенные частными лицами, несет на себе недавно созданный институт обязательного страхования от стихийных бедствий. Дополнительная ответственность определяется в специальных документах, имеющих отношение к опасным зонам, в которых ограничивается городское и прочее строительство. Речь идет о документах, регламентирующих экономическую деятельность человека как с точки зрения предотвращения, так и защиты от возможной опасности.

За 15 лет существования картирования был выявлен оптимальный масштаб карт — 1:5 000. Это период ускорения социальных процессов по защите в зонах вероятных стихийных бедствий, а также процессов усиления роли инженерной геологии в разных областях хозяйства.

Литература

1. Arnould M., 1976, Phénomènes géodynamiques, Assurance et aspects légaux et techniques. Bull. Assoc. Int. Géologie de L'Ing, Krefeld, N 14, p. 263—274
2. Chasan W., 1974, Le plan Zermos. Annales des Mines, Paris, Mars 1974, p. 1—10
3. Humbert M., 1982, Les aspects législatifs, réglementaires et techniques de la cartographie des risques naturels— Application aux mouvements de terrain. Note technique, BRGM, Orléans, France, 21 p.
4. Pajausi G., 1973, Une carte définissant des zones non edificandi peut-elle avoir une valeur légale. Symposium National Sol et Sous-sol et sécurité des constructions. Cannes, France, t. 1, p. IV—369 et V—376
5. Roubault M., 1970, Peut-on prévoir les catastrophes naturelles I vol., PUF édit., Paris, 173 p.
6. Tachker Y., 1973, Procédure administrative pour la délimitation des zones de risques naturels dans le département de l'Isère. Symposium national Sol et Sous-sol et sécurité des constructions. Cannes, France, t. 1, p. IV—377—383

Глава 21

АДМИНИСТРАТИВНЫЕ И ЮРИДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОПОЛЗНЯМИ И СЕЛЯМИ В ШТАТЕ КАЛИФОРНИЯ

Калифорния, самый населенный штат Соединенных Штатов Америки, имеет очень расчлененную территорию и сложное геологическое строение, благоприятное для развития оползней и селей. Территория характеризуется полузасушливым климатом, сильные дожди проходят только во время зимнего сезона. Эти факторы совместно с процессом быстрой урбанизации приводят к развитию оползней и селей, повреждающих собственность населения, в связи с чем вопросы сохранности и возмещения убытков за повреждение собственности связаны с социальными аспектами охраны застроек и сооружений. Как результат таких обстоятельств Калифорния является наиболее развитым районом в Соединенных Штатах, где административные и юридические аспекты в связи с оползнями и селями получили наибольшее развитие. В этой главе изложен опыт, который может оказаться уникальным на фоне современного мирового опыта и полезным для других стран.

1. Административные аспекты борьбы с оползнями и селями.
Банк геологических данных по заселенным территориям Калифорнии

В Калифорнии признана необходимость тщательного и широкого геологического обследования и картирования территории в целях создания основы для землепользования и районирования по степени проявления оползней и селей. Геологическая служба США и Калифорнийское отделение шахт и геологии объединили свои усилия с местными администрациями, колледжами и университетами с целью создания широкой базы информации по заселенным районам. Первая региональная программа, которая была выполнена Геологической службой США в области геологии с целью геологического обоснования урбанизации района Сан-Франциско-Бэй, является примером такого сотрудничества. В отчете, составленном Нилсоном и другими [14], дается оценка устойчивости склонов. Два других исследования, также высокого качества, выполненные для меньшей площади, следующие: 1) геологические карты по окружающей среде для округа Орандж [13], 2) карты и отчеты для площади примерно 5 км² в районе Пасифик Палисайдс, г. Лос-Анджелес [12, 25]. Результаты трехлетнего изучения обрушения склонов в Калифорнии опубликованы в 1973 г. Калифорнийским отделением шахт и геологии [1]. В этом отчете рассматривались природа, масштаб и убытки, понесенные в результате смещения масс грунтов, рекомендации по предотвращению последствий. В отчете дана рекомендация, что "единственным эффективным способом снижения убытков, наносимых геологическими процессами, является принятие и правильное использование соответствующих регламентов и предписаний по подготовке грунтов и возведению зданий в городах и окрестностях". В отчете приводятся данные об эффективности регламентов выигрыша к затратам: при эффективном внедрении регламентов на подготовку территории она может составить 9:1.

Исследования показали, что, исходя из объема причиненного ущерба в 1973 г., убытки от оползней и селевых потоков в штате Калифорния на период 1970–2000 гг. могут составить в целом почти 10 млрд. долл. Большая часть убытков будет приходиться на холмистые районы западной части Калифорнии, сложенные кайнозойскими и мезозойскими осадочными породами. Поскольку обрушение склонов, а также зоны, где возможно обрушение, можно картировать с точностью до 90%, и поскольку только небольшая часть этого района была закартирована с соответствующими подробностями, в отчете содержатся рекомендации относительно того, чтобы геологическое картирование было сделано в первую очередь в тех районах штата, где планируется строительство городов. Было заявлено, что "геологическое картирование может осуществляться частными консультантами, местным персоналом администрации или в сотрудничестве с местным отделением шахт и геологии".

Геологическое обоснование генерального плана 1973 г. городских районов содержит обобщенную карту оползней и селей, на которой выделяются четыре уровня опасности проявления геологических процессов. Эта карта служит обоснованием дальнейших региональных исследований, а также является основным источником информации для местной администрации о будущих обрушениях склонов. База геологических данных для городских районов, которая в настоящее время создана в Калифорнии, состоит из трех основных типов карт: 1) карт общего назначения, которые составляют правительство штата и служат в качестве геотехнической базы (масштабы 1:12 000 – 1:62 500); 2) геотехнические карты геологических стихийных бедствий в пределах населенных пунктов, предназначенные для выдачи рекомендаций по планированию мероприятий защиты от них (масштабы 1:2400 – 1:7200); 3) карты геотехнического характера конкретных участков, составляемые частными консультантами для отдельных застроек, на этих картах основное внимание уделяется местным особенностям. Эти карты могут успешно использоваться для геологических и геотехнических целей, связанных с использованием почв, подстилающих пород, для информации о стабильности склонов, гидрогеологии, сейсмичности, о возможных обрушениях в результате землетрясений, а также о различных дополнительных характеристиках, возникающих в результате деятельности человека.

Геологические карты обычно сопровождаются различными отчетами по планированию землепользования в городах и их окрестностях. Генеральный план для каждого города и округа в штате Калифорния обязательно должен предусматривать коэффициент бе-

зопасности и коэффициент сейсмостойкости (глава 150, раздел 65 302 Правительственного регламента штата Калифорния). Эти коэффициенты должны предусматривать геологические стихийные бедствия, в частности оползни и селевые потоки. Эти карты также могут прилагаться к исследованиям воздействий на окружающую среду (в соответствии с законом о качестве окружающей среды штата Калифорния от 1970 г.) в случаях освоения районов, где может проявиться влияние оползней и селей на окружающую среду.

Районирование стихийных бедствий, связанных с оползнями и селевыми потоками

Поскольку большинство стихийных бедствий, связанных с обрушением склонов, можно предотвратить путем применения мер, основанных на правильной информации о склоне, прежде, чем эта зона начнет осваиваться, карта геотехнических возможностей, как носитель этой информации, получила широкое распространение, так как она графически изображает районы, опасные с точки зрения оползней и селевых потоков. Такая карта может быть подготовлена на основании базовых карт путем наложения свежей информации об оползнях и селевых потоках и другой информации, нанесенной на прозрачный носитель, или использования других методов, как, например, методы математической обработки. Неустойчивые и условно устойчивые склоны можно пометить на этих картах с тем, чтобы организовать дополнительные исследования в таких местах прежде, чем начнется их освоение. Зоны, подверженные оползням и селевым потокам, можно обозначать различными цветами, используя, например, красный, оранжевый, желтый и зеленый в порядке уменьшения опасности этих явлений, или можно использовать другие специальные символы.

Районирование крутых склонов также получило широкое признание со стороны застройщиков в штате Калифорния. Те склоны, которые более круты, чем установлено, обычно это уклоны 50% и более, оставляются на карте как открытое пространство или помечаются как район для неплотной застройки. В 1973 г. администрация округа Сан Матео стала первой администрацией в штате Калифорния, которая начала регулировать плотность и тип освоения районов, подверженных оползням и селям, с учетом крутизны склонов.

Там, где планируется строительство зданий, при проведении такого анализа обычно происходит перемещение застройки из района, подверженного оползням, в район с более благоприятными условиями для застройки. На менее благоприятных для застройки участках размещаются зеленые полосы и парки. В настоящее время рассматривается законопроект, в соответствии с которым главный геолог штата должен будет определять районы с очень высокой опасностью оползней и селей, а также районы, требующие дополнительных исследований.

Регламенты и предписания по строительству и подготовке грунтов

Регламент по подготовке грунтов (имеется в виду первый такой регламент) был разработан в Лос-Анджелесе в штате Калифорния в 1952 г. после одного очень сильного дождя и серьезного повреждения частной собственности на отдельных склонах района в начале года. С этого момента такие регламенты становились все более подробными и всеобъемлющими, в особенности в районе Лос-Анджелеса. Сильные дожди 1962, 1969 и 1978 гг. в южной части штата вынудили администрацию ввести дополнительные регламенты. Для условий г. Лос-Анджелеса можно выделить 4 различных регламента, которые были последовательно приняты в разное время для разной интенсивности дождей.

1. До 1952 г.: период характеризуется отсутствием таких регламентов и отсутствием инженерного изучения геологического строения склонов и свойств грунтов.

2. Период 1952-1962 г. характеризуется введением первых регламентов, которые предусматривали проведение обследования почв, уплотнения и размещения засыпки, однако не уделяли внимания изучению инженерно-геологических условий.

3. Период 1963-1969 г. характеризуется более уточненными и подробными регламентами, которые требуют инженерного обследования грунтов и изучения геологических условий на стадиях проектирования и строительства сооружений. Они предусмат-

ривают дифференциацию ответственности между проектировщиком гражданских сооружений, грунтоведами и инженерами-геологами. Они также предусматривают проведение подземных исследований и определение устойчивости грунтов.

4. Период 1970-х гг. характеризуется дальнейшим ужесточением строительных предписаний и более жесткими требованиями в отношении изучения геологического строения и свойств грунтов. Они требуют более количественного подхода, например, оценки коэффициентов безопасности, а также оценки устойчивости грунтов. Регламенты также требуют мер по предупреждению селей и правильной конструкции зданий на склонах.

Дальнейший прогресс как в области снижения возможности проявления геологических стихийных бедствий, так и в области регламентации такой новой информации был обусловлен рядом случаев проявления оползней, осадок, провалов, набухания и усадки грунтов, сейсмической активности, осложнения ситуации с подземными водами, эрозии и просадок. Были сделаны попытки улучшить административные и геотехнические программы путем ужесточения требований по обследованию грунтов и геологических условий, с одной стороны, и путем ужесточения к наблюдениям во время строительства, с другой.

Вскоре после дождей 1956 г. Ричард Джанс подготовил доклад для Квалификационной комиссии инженеров-геологов Лос-Анджелеса под заглавием "Желательное содержание геологических отчетов, представляемых в министерство строительства и безопасности г. Лос-Анджелеса" (Квалификационный устав инженеров-геологов, 1960). После дождливого сезона 1962 г. этот доклад был принят специальной резолюцией города. Что еще более важно, этот доклад затем был разослан другим административным органам в качестве общего руководства при оценке отчетов геологов. С того времени доклад подвергся очень незначительной переработке и дополнениям. Драматические события, связанные с обрушением склонов в штате Калифорния в период сильных дождей 1952 и 1962 гг., привели к созыву Международной конференции строителей (1964-82), которая была проведена с помощью Калифорнийской ассоциации инженеров-геологов. Эта конференция разработала в 1964 г. главу для Универсального регламента по строительству, посвященную методам экскавации и засыпке земляных выемок (гл. 70). В соответствии с этим местная администрация в лице чиновников по строительству должна требовать от владельцев частных земель найма инженеров-геологов для подготовки отчетов и рассмотрения их администрацией, прежде чем будет выдано разрешение на строительство и земляные работы. Глава 70 в настоящее время является принципиальной основой для деятельности по подготовке грунтов в штате Калифорния. Глава 29 Универсального регламента по строительству относится к основаниям. Эта глава разрешает, но не требует, официальным лицам по строительству получать специальные отчеты по обследованию грунтов от освоителей новых земель. Это требование местной администрации как от инженеров-практиков, так и от дипломированных инженеров-геологов, указывает на возрастающую озабоченность по поводу роли квалифицированных консультантов в строительстве. Геотехнические отчеты требуются обычно не только перед освоением земель, но также в период и после строительства для того, чтобы убедиться в том, что все профессиональные рекомендации выполнены. Соответствующие инспекции состояния грунтов, с точки зрения инженерной геологии, осуществляются после строительства. Картирование в процессе обследования стало всеобщей практикой. Практически геологическая карта, подготовленная для показа условий, после выполнения рекомендаций по подготовке грунта рассматривается в настоящее время как наиболее ценное руководство для оценки стабильности существующих участков собственности на склонах.

Всеобъемлющие стандарты по определению стабильности склонов были приняты местными администрациями в штате Калифорния, в частности в южной его части. Эти стандарты применяются не только к работам по выемке, засыпке и укреплению склонов, но также и для оценки состояния естественных склонов, связанных с освоением земель вблизи опасных откосов. Эти стандарты применяются для оценки глубоких и поверхностных оползней. Инженерно-геологическое обследование имеет своей целью оценить опасные с точки зрения селей районы и рекомендовать меры для избежания застройки этих районов или такое обследование в застроенных районах имеет своей целью рекомендовать пути для избежания повреждения построек возможными потоками. Особое внимание

в настоящее время уделяется оврагам и промоинам в естественных склонах, поскольку в этих формах наблюдается интенсивная эрозия и другие виды смещения грунтовых масс. Там, где существующие склоны не удовлетворяют требованиям безопасности, их коэффициент устойчивости меньше, чем 1,5 (отношение силы сопротивления грунта к силе сдвига), разрешается применение инженерных методов с целью повышения устойчивости склонов. Город Портолла Вэлли, расположенный в 50 км к югу от Сан-Франциско, был первым в южной Калифорнии, который принял рекомендации, обеспечивающие безопасность от стихийных геологических явлений, включая оползни и сели [9]. В 1967–69 гг. Портолла Вэлли нанял инженера-геолога, принял регламенты по подготовке грунтов, основанные на данных по геологическим стихийным бедствиям, потребовал геологические отчеты по каждому отдельному земельному участку с картами, а также потребовал анализ этих отчетов геологом, специально для этого нанятым городом. Другой пример аналогичного использования инженера-геолога может быть приведен из опыта северной части штата Калифорния, округ Сан-Матео. Он сделал то же самое, что и Портолла Вэлли [7]. Процедуры и требования, которые так эффективно были использованы эти двумя местными администрациями, распространились в 70-е г. на другие части штата и города.

Местная администрация штата, в особенности в южной части, пошла дальше, чем в других штатах, в деле предписаний по строительству и подготовке грунтов и обеспечения геотехнического персонала необходимыми средствами для реализации программ безопасности*. Настойчивость внедрения регламентов местной администрацией может меняться в зависимости от условий. Юридические документы, касающиеся районов интенсивного распространения оползней и селей, не всегда включают необходимую геотехническую помощь или предполагают самые современные методы планирования землепользования, а также меры по их предотвращению. Более того, хотя ограничения по устойчивости склонов признаются с геотехнической точки зрения и определены во многих юридических документах, они не всегда принимаются. Многие населенные пункты все еще нуждаются в дополнительной информации, которая убедила бы их в важности проблем, связанных с оползнями, а также в возможности выбора других альтернатив. Некоторые местные агентства подчеркивают не технические аспекты, связанные с решением этой проблемы, а политические шаги в области квалифицирования потенциальных владельцев или подрядчиков для выполнения строительных работ, в области эстетических аспектов, как, например, предупреждение освоения вершин холмов или очень крутых склонов, а также ограничения по пыльности, шуму и рабочим часам земляных работ. Другие же подчеркивают значение технических аспектов, выполняемых консультантами. Третья группа считает необходимым внедрение и строгое выполнение технических рекомендаций. История внедрения различных руководств показывает, что хорошее руководство может не иметь успеха, если оно используется неправильно.

Округа, большие населенные пункты и маленькие города, расположенные на холмистой территории, а также имеющие платежеспособное население, обычно стараются нанять, по крайней мере, одного инженера-геолога, который мог бы давать советы по вопросам, касающимся геологических стихийных бедствий, включая оползни и сели. Геолог оказывает помощь в оценке геологических ограничений и помогает правильно их выполнять, а также анализирует возможность стихийных бедствий при выполнении различных работ. Он обычно работает в качестве консультанта по всем вопросам планирования землепользования в рамках юридических документов на основании картирования геологических проявлений, связанных с геологическими особенностями в области землепользования, наблюдение за выполнением которых выполняется им же. Большинство общественных дорог во время строительства обычно не имеют такой консультативной помощи, поэтому эти пресекты остаются на ответственности местных администраций.

Подробные технические данные по оползням и селявым потокам, такие, как карты и отчеты, недостаточны сами по себе для обеспечения наилучшего решения. Геотехническая информация должна быть преобразована в приемлемый и понятный для населения язык, который одновременно должен соответствовать степени опасности, существующей для данного поселения. Для того, чтобы достичь такой степени приемлемости,

*Успех этого мероприятия в штате Калифорния выражается в росте числа членов Ассоциации инженеров-геологов. С 1963 г. эта Ассоциация называется Калифорнийская ассоциация. В 1958 г. количество членов в Ассоциации было 150, в 1982 г. – 700 человек.

геологические данные должны быть ориентированы на тех людей, которые собираются их использовать, а не на геологов. Это — архитекторы, юристы, другие специалисты, а также общественные деятели. Им приходится принимать решения по вопросу о том, какова степень риска, и кто берет на себя ответственность. Для того, чтобы расширить понимание сложных технических вопросов, важно обеспечить нетехническую, графическую иллюстрацию ситуации. Ограничение и профессиональные правила в штате Калифорния при их использовании могут уменьшить убытки, наносимые оползнями и селевыми потоками, более чем на 90%. Они уже уменьшили убытки в г. Лос-Анджелес на 92–97% [19]. Записи показывают, что четыре необходимых правила существуют для выполнения строительных предписаний с точки зрения инженерной геологии:

- 1) высокий уровень геотехнического анализа при определении, характеристике и оценке проблем, связанных с оползнями;
- 2) анализ какой-либо инспекцией результатов работы инженеров-геологов в поле и в процессе лабораторных испытаний грунтов;
- 3) наличие третьей стороны, который мог бы рассматривать противоречивые результаты, полученные инженерами-геологами и инспекторами;
- 4) признание важности геотехнических аспектов другими специалистами и общественностью. Тщательность и эффективность соблюдения этих вспомогательных аспектов в прошлом в значительной степени менялись в зависимости от обстоятельств, но в последнее десятилетие влияние этих аспектов сильно возросло.

2. Юридические аспекты

Всего лишь 25 лет назад юридическое рассмотрение ответственности за последствия оползней и селевых потоков, или слушания в связи с убытками, нанесенными геологическими событиями, не являлись в США частными случаями [20]. Большинство таких случаев, касавшихся частных компаний, рассматривались не судами, общественные интересы защищались так называемым "суверенным правом иммунитета". Кроме того, действовала правовая доктрина, перешедшая еще от английского Общего права, согласно которому правительству предоставляется право отказа от судебного разбирательства. С этого момента, однако, число юридических разбирательств в результате убытков или травматизма от оползней и селевых потоков значительно увеличилось, в особенности при рассмотрении конфликтов между частными компаниями и владельцами земельных участков [18].

Изменение позиции юридических кругов по отношению к проблеме произошло в результате признания научного подхода к ней и появления возможностей прогнозирования оползневых и селевых явлений. Второй причиной возрастания числа судебных разбирательств, связанных с оползнями и селевыми потоками, является увеличение в США количества требований о возмещении ущерба всех типов, в особенности от правительства. Эта тенденция особенно очевидна в штате Калифорния. Гражданская комиссия штата Калифорния по реформам разбирательства нарушений недавно обнаружила, что требования о возмещении убытков по причинам нарушений, не связанных с автомобилями, растут в 7–15 раз быстрее, чем население в штате [10]. В связи с тем, что в штате Калифорния оползни и сели имеют широкое распространение, а некоторые районы с интенсивным развитием этих процессов очень плотно заселены, этот штат в области технических и социальных мероприятий в связи с проявлением стихийных процессов является наиболее прогрессивным, и судебные процессы такого характера представляют обычное явление. Стихийные бедствия в этом штате включены в сферу политических вопросов. По этой причине представляется полезным сделать краткий анализ юридических аспектов оползней и селей в штате Калифорния для тех, кто принимает какие-либо действия, связанные с использованием склонов. Анализ был проведен геологами с целью предоставить общую исходную информацию специалистам, работающим в области контроля оползней и селей. Данный анализ рассматривает проблему с точки зрения причин возникновения убытков от оползней и селевых потоков, а не с точки зрения имеющихся юридических документов для решения этой проблемы. Этот анализ не трактат о юридических правилах, и он не предназначен служить в качестве юридического прецедента или совета.

Ответственность за вторжение на территорию собственности и за ослабление устойчивости склонов

Ответственность правительства

В соответствии с Пятой поправкой к Конституции США справедливая компенсация должна выплачиваться в том случае, когда общественные работы или другие виды правительственной деятельности приводят к утрате частной собственности. Эта концепция распространяется на нанесение убытков собственности в результате правительственной деятельности (Лав, Юридический отдел Калифорнийского отдела транспорта, письменное обобщение, 1975 г.). Владелец собственности вправе составить юридическое заявление, известное под названием "обратное требование отторжения, с требованием возмещения убытков. Процесс Алдерс против округа Лос-Анджелес 1965 г. установил и расширил концепцию обратного отторжения в Калифорнии. В этом деле истцы заявили, что во время строительства автомагистрали через старый оползень Португиз Бенд в южной части штата округ г. Лос-Анджелеса разместил порядка 134 тыс. м³ грунта в критическом месте этого оползня, в результате чего произошла его активизация, причинившая убытки собственности истцов [17]. Конституция штата Калифорния обеспечивает защиту собственности от повреждения или изъятия в общественные владения, если только не дается справедливая компенсация владельцу этой собственности. Эта конституционная защита является основой, на которой владельцы собственности востребовали приблизительно 9,5 млн. долл. от округа Лос-Анджелес [26].

Во многих случаях владельцы собственности подписывают отказы от права на возмещение убытков, указывая, что они знают о возможности оползня и что они согласны не предъявлять претензии правительству на возмещение убытков. Однако эти отказы исключаются в настоящее время из рассмотрения, поскольку владельцы собственности могут поменяться и новый владелец может не знать об отказе. Более того, некоторые правительственные учреждения уже были вынуждены возмещать ущерб через суд, несмотря на наличие таких отказов и даже на то, что собственность осталась в руках прежнего владельца.

Ответственность частных землевладельцев

Как указывает Смит [21], ответственность частных землевладельцев за повреждение собственности, происшедшие в результате оползней или селевых потоков, вызванных "искусственно созданными условиями", т.е. антропогенными изменениями, уже давно существует. Владелец собственности, сделавший выемку в склоне на своей территории, оказавшейся впоследствии неустойчивой, обязан защитить других от возможного обрушения склона. Однако, только совсем недавно суды стали возлагать на владельцев территории ответственность за обрушение естественных склонов. Пример ответственности частного владельца в судебном разбирательстве по статье о незаконном вторжении на чужую территорию, за повреждения, нанесенные оползнем, демонстрируется в иске 1981 г. — Питер Шпрехер против Адамсон и К^о и др. Верховный суд штата Калифорния вынес решение о разделении территории с тем, чтобы четко определить, кто несет ответственность за повреждение частной собственности оползнем, происшедшим на прилегающей территории [21]. Как указано в судебных документах, земельная собственность Адамсон и К^о включает часть ограничительной стенки, поставленной на границе оползня, который периодически активизируется (Малибу, Калифорния). Эта территория находится к западу от Лос-Анджелеса, а собственность Шпрехера располагается на оконечности упомянутого оползня. В марте 1978 г. сильные дожди вызвали значительные смещения оползня, которые повредили дом Шпрехера. В результате Шпрехер обратился в суд с требованием о возмещении убытков. В своем заявлении он указал, что его дому нанесены повреждения оползнем, который произошел в результате пренебрежения Адамсон и К^о своими обязанностями по предотвращению оползневого процесса. Все стороны в этом деле согласились, что оползень произошел по естественным причинам, не зависящим от деятельности Адамсон и К^о на этой территории. Адамсон и К^о заявил, что, поскольку повреждения вызваны "природным состоянием", их компания не должна привлекаться в качестве ответственной стороны.

В решении Верховного суда штата Калифорния по заявлению истца говорится, что аргумент Адамсон и К^о не принимается во внимание, и, даже наоборот, его сторона считается ответственной. Эта ответственность основывается на том, действовал ли владелец (управляющий) разумно в обстоятельствах, когда возможно нанесение ущерба другим. В постановлении суда говорится, "что возможность нанесения ущерба другим лицам, вероятность такого ущерба и ответственность за избежание или предотвращение такого риска, равно как и размещение земельной собственности и предупредительные меры со стороны владельца этой собственности, направленные на избежание опасности, составляют факторы, которые должны рассматриваться судами при оценке правильности поведения владельца собственности" [21].

В деле Шпрехера наблюдается изменение политики судебного расследования по отношению к владельцам недвижимости. До этого дела владелец недвижимости не был ответственен за восстановление условий на своей земле с целью избежания повреждения собственности, находящейся вблизи от его участка (Паттон мл, адвокат штата Калифорния, письменное сообщение, 1982). Решение Верховного суда кажется ясным; в разумной степени землевладельцы обязаны защищать своих соседей от стихийных бедствий, которые возникают на их территории. Теперь суды больше не будут отказывать в рассмотрении исков на возмещение убытков, связанных с оползнями только по этой причине, что убытки произошли в результате "существующих природных состояний". Судам, однако, нужно более точно определить, что означает "разумное" поведение владельца, и им потребуется сделать более точное определение действий, рассматриваемых как разумные с точки зрения предупреждения повреждений [21]. Сразу же после катастрофических оползней, солевых потоков и паводков, происшедших в районе Сан-Франциско-Бэй в январе 1982 г., а также вследствие решения Верховного суда, приведенного выше, библиотеки юридической литературы были буквально запружены адвокатами, желавшими ознакомиться с делом Шпрехера против Адамсон и К^о [22]. Исход этого дела повлиял на то, что к маю 1982 г. в суд было подано 930 заявлений на сумму 298 млн. долл. со стороны частных землевладельцев против городских и окружных властей [21]. Многие из этих заявлений были основаны на том факте, что повреждения от оползней и селевых потоков возникли на территории, которой владеет местная администрация. При этом оползни пересекли границы частных владений и, таким образом, повредили частную собственность. Требования о возмещении ущерба предъявлялись, кроме местной администрации, архитекторам, техникам по обследованиям грунтов и инженерам-геологам, консультирующим данные работы. Газеты сообщали, что владельцы собственности основывали свои претензии к архитекторам и инженерам-геологам на том, что оползни и селевые потоки были (или должны были быть) известны заранее еще во время застройки территории. И поэтому "неустойчивые" земли не должны были продаваться под строительство [22].

Ответственность за оползни и селевые потоки, вызываемые освоением частных земель

Существующая тенденция в штате Калифорния, так же, как и в других штатах США, направленная на защиту потребителя, т.е. возврат к принципу "кавеат эмптор" (пусть покупатель знает) стала доминирующей [15]. Эта концепция юридически защищает от потерь, возникающих в результате неправильной организации работ или планирования, включая убытки от оползней и селевых потоков. Тенденция повышения защиты владельцев домов привела к значительному увеличению судебных дел по проблемам оползней и селевых потоков на частной территории. Типичной жалобой, в которой требуется возмещение убытков, является заявление в суд с требованием взыскать за безответственность (ответственность здесь понимается в широком смысле слова), возникшую в результате пренебрежительного отношения к своим обязанностям, неправильной интерпретации информации, жульничества, и/или, если в деле замешана общественная собственность, предъявляется требование обратного отторжения [15]. В большинстве случаев основной объект таких заявлений — архитектор, он является субъектом реализации строгих правил ответственности за "дефекты" в строительстве зданий и в процессе подготовки грунтов под основания. Возможность установить какие-либо строгие правила

ответственности других сторон, как например, геологов или инженеров-геологов, гораздо сложнее.

Ответственность геологов и инженеров-геологов за повреждения, вызванные оползнями или селевыми потоками

Предполагаемая ответственность инженеров и геологов за повреждения, нанесенные оползнями и селевыми потоками, основывается большей частью на концепции пренебрежения своими обязанностями, неправильной интерпретации информации, или на неправильном понимании своих обязанностей. Юридические жалобы часто основываются на концепции умышленного неправильного истолкования или сокрытия информации инженерами-геологами, или строгой ответственности вообще за всякие убытки. Суды такие заявления к делопроизводству не принимают. Следующие выдержки из работы Паттона [15, 16] рассматривают обе эти формулировки ответственности в применении к инженерам-геологам, занятым застройкой частных земель.

Пренебрежение обязанностями

"Наиболее широко распространенная теория ответственности, которая якобы применима к инженерам-геологам, является теория пренебрежения обязанностями. Пренебрежением считается неделание чего-то, что в обычном случае квалифицированный человек сделал бы в аналогичных обстоятельствах, или делание чего-то, что квалифицированный человек не сделал бы в этих обстоятельствах. От инженера-геолога требуется осуществление таких действий, которые обычно подтверждаются в таких случаях известными представителями его профессии, работающими в том же самом месте или в приблизительно аналогичных условиях. Его обязанность состоит в том, чтобы выполнять свою работу с должным рвением с целью защиты любого лица, которое в будущем с большей или меньшей вероятностью может быть подвергнуто нанесению ущерба, если инженер-геолог не будет добросовестно выполнять эти свои обязанности".

Неправильная интерпретация обязанностей

"Неправильная интерпретация обязанностей расценивается как вид жульничества аналогично намеренной неправильной интерпретации и сокрытию информации. Неправильная интерпретация является простым утверждением того, что не является правдой, лицом, которое не имеет достаточных оснований верить в то, что оно высказывает. Хотя интерпретация мнений не может преследоваться по закону, такие действия могут преследоваться, когда лицо, дающее якобы неправильное изложение информации, считается имеющим специальную квалификацию для того, чтобы высказывать свои мнения. Утверждение инженера-геолога о том, что грунты в каком-либо случае являются вполне устойчивыми, можно использовать как основание для судебного преследования на основании того, что информация якобы была неправильно изложена, если этот инженер-геолог не имел основания для такого заявления".

Намеренное неправильное изложение и сокрытие информации

"Намеренное неправильное изложение (т.е. утверждение как факта того, что не является правдой, лицом, которое не верит в то, что сказанное им есть правда), а также сокрытие (сокрытие факта или условий лицом, которое должно вскрывать этот факт) являются видами жульничества, которое случается в ситуациях, где замешаны услуги, оказываемые инженерами-геологами. Такое поведение со стороны инженера-геолога не только преследуется по закону, но также вызывает серьезные сомнения в его профессиональной пригодности".

"Хотя принцип строго определенной ответственности находится в стадии разработки и его границы не ясны, в настоящее время считается, что инженер-геолог не подпадает под эту концепцию в связи с тем, что он не участвует в массовой застройке территорий, как архитектор. Другие судебные дела указывают, что концепция приемлема только против архитекторов, которые участвуют в массовом строительстве на земельных участках. Однако она перестает действовать против архитекторов, работающих над застройкой какого-нибудь одного земельного участка или на строительстве одного здания. Поэтому не имеется ясного указания, где лежит граница между застройкой одного земельного участка и освоением больших территорий. В настоящее время ясно, что, если инженер-геолог предлагает свои профессиональные услуги в деле даже в случае большого участка земли, он не несет строго определенной ответственности".

Что касается строго определенной ответственности, юридическая теория, отмеченная выше, находится только в стадии разработки и определена нечетко. В этой связи Фифе, калифорнийский адвокат, работающий в области дел, касающихся инженеров-геологов, заявил в 1973 г., что профессиональная ответственность становится в настоящее время предметом, где сталкиваются интересы многих сторон, участвующих в освоении территорий [4]. Фифе выразил мнение, несколько отличное от мнения Паттона, заявив, что концепция профессиональной ответственности в инженерной геологии находится в таком состоянии, когда она может развиваться в сторону оформления строго определенной ответственности или в сторону "стандартов разумных действий", под которыми понимаются действия, совпадающие со средними стандартами поведения, принятыми в данной профессии. В этой связи, начиная с 1973 г., некоторые калифорнийские суды стали менять свое отношение к вопросу об ответственности инженеров-геологов, переходя от концепции строго определенной ответственности к концепции ответственности за небрежное отношение к обязанностям. Дополнительная информация об изменениях в практике приложения концепции строго определенной ответственности к инженерам-геологам содержится в книге, изданной Коллегией адвокатов штата Калифорния под названием "Оползни и сопутствующие ответственности" [23, 3].

Литература

1. Alfors J.T., Burnett J.L., Gay T.E., 1973, Urban geology master plan for California; the nature, magnitude, and costs of geologic hazards in California and recommendations for their mitigation. California division of Mines and Geology, Bull 198, 112 p.
2. Booher L.J., Graham A.K., 1982, Landslides and subsidence liability. Supplement to California Practice Book N. 65, California Continuing Education of the Bar, Berkeley, California, 128 p.
3. Brainerd A.L., 1980, Landslides and subsidence liability. Supplement to California Practice Book N. 65, California Continuing Education of the Bar, Berkeley, California, 104 p.
4. Fife P.K., 1973, Professional liability and the public interest in geology, seismicity, and environmental impact. Association of Engineering Geologists, Special Publication, p. 9-14
5. International Conference of Building Officials, 1964, Uniform building code, 1964 edition, 503 p.
6. International conference of Building Officials, 1982, Uniform building code, 1982 edition, 280 p.
7. Leighton F.B., 1975, Role of geotechnical consultants and reviewers for the County of San Mateo. California Geology, vol. 28, N 8, p. 178-181
8. Los Angeles City Engineering Geologists Qualification Board, 1960, Desired content of geologic reports submitted to the Department of Building and Safety, City of Los Angeles. Los Angeles Department of Building and Safety, 9 p. (Prepared by R.H. Jahns).
9. Mader G.G., Crowder D.J., 1971, An experiment in using geology for city planning - the experience of the small community of Portola Valley, Environmental Planning and Geology. U.S. Department of Housing and Urban Development, U.S. Geological Survey and Office of Research and Technology, p. 176-189

10. Margerum, Terry, 1979, Will local government be liable for earthquake losses? Association of Bay Area Government, Berkeley, California, 32 p.
11. McGill J.T., 1973, Map showing landslides in the Pacific Palisades area, City of Los Angeles, California. U.S. Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map MF-471, scale 1:4,800
12. Morton P.K., Miller R.V., Evans J.R., 1976, Environmental geology of Orange County, California. California Division of Mines and Geology, Open-File Report 79-8 La, 474 p.
13. Nilsen T.H., Wright R.H., Vlasic T.C., Spangle W.E., 1979, Relative slope stability and land-use planning in the San Francisco Bay region, California. U.S. Geological Survey Professional Paper 944, 96 p.
14. Patton J.H., Jr., 1973, The engineering geologist and professional liability, Geology, seismicity, and environmental impact, Association of Engineering Geologists, Special Publication, p. 5-8
15. Patton J.H., Jr., Fife P.K., 1981, Professional liability, Brown G.A., Proctor R.J., eds, Professional practice guidelines. Association of Engineering Geologists, Special Publication, Chapter 2, p. 2.1-2.9
16. Pollock J.P., 1965, Panel discussion, Landslides and subsidence. Geologic Hazards Conference, California Resources Agency, May 26-27, 1965, Los Angeles, p. 74-77
17. Schuster R.L., 1978, Schuster R.L., Krizek R.J., eds. Landslides-analysis and control. Transportation Research Board, Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington, D.C., p. 1-10
18. Slosson J.E., Krohn J.P., 1982, Southern California landslides of 1978 and 1980, Storms, floods, and debris flows in southern California and Arizona, 1978, and 1980. Proceedings of a Symposium, National Research Council and Environmental Quality Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, September 17-18, 1980, National Academy Press, Washington, D.C., p. 291-319
19. Smith, Rockwell, 1958, Economic and legal aspects, Eckel E.B., eds, Landslides and engineering practice. Highway Research Board, Special Report 29, National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, D.C., p. 6-19
20. Smith T.C., 1982, Natural hazards liability - a California Supreme Court ruling. California Geology, vol. 35, N 3, p. 66-67
21. Smith T.C., 1982, Lawsuits and claims against cities and counties mount after January 1982 storm. California Geology, vol. 35, N 7, July, p. 163-164
22. Sutter J.H., Hecht M.L., 1974, Landslide and subsidence liability. California Continuing Education of the Bar, Berkeley, California, California Practice Book, 65, 240 p.
23. Todd J., Lassiter M., A hard look-blizzard of lawsuits after storm disaster. San Francisco Examiner, May 7, p. A1
24. U.S. Army Corps of Engineers, 1976, Report on landslides study, Pacific Palisades area, Los Angeles, California. U.S. Army Corps of Engineers, Los Angeles District, California, 30 p.; Appendix 1 (prepared by J.T. McGill, U.S. Geological Survey), 89 p., map scale 1:4,800
25. Vonder Linden, Karl, Lindvall C.E., 1982, The Portuguese Bend landslide, Landslides and landslides abatement, Palos Verdes Peninsula, Southern California. Volume and Guidebook for Field Trip Number 10, 78th Annual Meeting of the Cordilleran Section of the Geological Society of America, April 19-21, Anaheim, p. 49-56

ПЛАНИРОВАНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ СОКРАЩЕНИЯ УБЫТКОВ ОТ ОПОЛЗНЕЙ И СЕЛЕЙ

1. Методы планирования землепользования

Неблагоприятные социальные и экономические последствия оползней и селей можно снизить путем такого планирования землепользования, при котором исключается риск, связанный с этими явлениями, или обеспечивается снижение потенциально возможного ущерба. Методы планирования землепользования, уменьшающие опасность, связанную с движением масс грунта, и ущерб от него можно разделить на активные и пассивные:

Активные:

1. Перенос или изменение существующей застройки.
2. Защита существующей застройки.

Пассивные:

1. Ограничения нового строительства.
2. Регулирование застройки.

Эти методы могут использоваться каждый в отдельности или в различных сочетаниях для снижения или исключения социальных и экономических потерь в результате начавшегося или потенциально возможного сползания склонов. Ниже эти методы рассматриваются подробно и приводятся примеры, взятые из работ Кокельмана, а также Эрли и Кокельмана [4].

Перенос или изменение существующей застройки

Повторяющиеся случаи причинения ущерба существующей застройке от оползней или селей можно предотвратить или уменьшить путем полной эвакуации из угрожаемой зоны или переноса зданий и сооружений на участки менее подверженные оползням [4]. Если принимается вариант полной эвакуации из угрожаемой зоны, то необходимо произвести приобретение земли государством. В большинстве случаев это выполняется правительством путем прямой закупки земель, браковки, отмены налогообложения или субсидирования. Таким образом, правительство может контролировать землепользование, исходя из общественных интересов.

Перевод существующих зданий и сооружений на более безопасные режимы использования, при которых ущерб от оползней и селей может быть сведен к минимуму, осуществляется застройщиком, владельцами недвижимости или в случае общественной собственности на здания и сооружения — местными властями. Осуществимость перестройки зависит от стоимости и назначения зданий и сооружений, их потенциально возможного воздействия на устойчивость склонов (одни конструкции могут способствовать оползням, другие — сдерживать их развитие) и от того, имеется ли возможность для существенного повышения прочности склонов и насколько заинтересованы в этом владельцы недвижимости.

Защита существующей застройки

Несмотря на указанные выше меры, застройка территорий, подверженных оползням и селям, видимо, будет продолжаться. В этом случае программы землепользования должны включать мероприятия, обеспечивающие защиту строений и их обитателей. Эрли и Кокельман [4] разделили противооползневые и противоселевые мероприятия на физическую защиту и использование систем предупреждения об опасности.

Защита от оползней. Для защиты от оползней часто практикуются общественные работы. Это может быть строительство сдерживающих сооружений (обычно подпорных стенок), системы дренажа поверхностных и грунтовых вод и выемка грунта, или сооружение земляных банкетов для придания устойчивости откосам. Такой способ защиты наиболее эффективен для предупреждения небольших оползней; он требует инженерного

проектирования, высокого качества строительных работ и технического надзора за сооружениями. Осуществляемый таким образом контроль не будет успешным, если защитные мероприятия в районах, подверженных оползням и селям, будут восприняты как полностью исключаящие, а не уменьшающие риск, что может поощрить застройку опасной зоны.

Отвод и задержание паводков. В некоторых случаях грязевые и грязекаменные потоки могут отводиться от застройки при помощи отклоняющих стенок, когда, например, сдерживающая стенка располагается к направлению склона под углом, меньшим 90° . В дополнение к этому в районах, подверженных селям, в оврагах, ущельях, долинах сооружаются заградительные плотины и бассейны, которые могут задерживать селевые потоки до того, как они достигнут застроенных территорий.

Наблюдение, предупреждение и эвакуация. На склонах, подверженных опасности оползней и селей, может быть организовано наблюдение таким образом, чтобы жители домов, расположенных у подножья склона, могли быть заранее предупреждены о смещении грунта по склону и, если необходимо, заблаговременно эвакуированы. Методы мониторинга включают полевые наблюдения с использованием экстензометров, наклономеров, локаторов и реле. В последнее время средства наблюдения дополнились акустическими устройствами, телевизионными системами, лазерными приборами и измерителями вибрации.

Ограничения для новой застройки

Где это возможно, самым экономичным методом снижения потерь от оползней является предотвращение нового строительства на угрожаемых территориях [13]. К успешным результатам приводят следующие мероприятия:

Программы, обеспечивающие информированность населения

Поскольку реализация любой программы контроля над землепользованием зависит от отношения к ней хорошо осведомленных граждан, общественность должна быть информирована о существующей опасности оползней и селей. Располагая соответствующей информацией об опасности, осмотрительные граждане будут, как правило, оказывать поддержку таким видам контролируемого землепользования, которые будут способствовать сведению к минимуму ущерба от этих явлений.

Предупредительные знаки. Для того, чтобы предостеречь возможных застройщиков или покупателей недвижимости о существующей опасности, могут использоваться предупредительные знаки.

Информация об опасности. Местные органы должны обеспечить такой порядок, при котором оформление документов дающих право на владение землей, сопровождалось включением в эти документы информации об опасности оползней. Эти записи способствуют предупреждению о существующей опасности покупателей земельных участков, застройщиков, кредиторов и чиновников, определяющих налоговые ставки.

Налоговые льготы и специальные оценки. В некоторых районах должно применяться льготное налогообложение на земли, оставшиеся в неосвоенном состоянии. И, наоборот, может взиматься дополнительный налог с участков, предназначенных для застройки. Оба подхода можно использовать для предотвращения освоения земель, которым угрожают оползни и сели.

Финансовая политика. Система выдачи ссуд может ограничивать застройку подверженных оползням и селеопасных районов, если на освоение таких земель в ссудах будет отказано.

Ограничение застройки общественного назначения. Чтобы предотвратить застройку подвергающихся опасности районов, местные органы власти могут запретить строительство общественных объектов, таких, как улицы, здания коммунального назначения.

Информация для покупателей недвижимого имущества. Местные органы власти могут препятствовать развитию застройки в угрожаемых районах, принимая предупреждающие постановления, которые могут настораживать потенциальных покупателей

лей недвижимости. Например, в округе Санта-Клара (шт. Калифорния) необходимо, чтобы все продавцы недвижимой собственности в районах округа, где могут происходить оползни, наводнения и где расположены зоны разломов-сбросов, обеспечивали покупателей официальными письменными уведомлениями об опасных геологических условиях.

Стоимость страхования. Высокие страховые ставки при застройке потенциально опасных районов могут содействовать предупреждению такой застройки и поощрять использование тех земельных участков, где ущерб представляется менее вероятным.

Регулирование застройки

Нереально полагать, что освоению земель в угрожаемых районах можно воспрепятствовать указанными выше недостаточно конкретными способами, не предусматривающими жесткого регулирования. Поэтому, чтобы предотвратить или взять под контроль застройку земель, находящихся в селеопасных или оползневых районах, часто бывает необходимо специальное правительственное законодательство. Правила застройки земель, установленные местными органами власти, могут запрещать или ограничивать застройку в районах, подверженных оползням и селям. Такие зоны могут подразделяться на участки, подлежащие использованию под сельскохозяйственные культуры, пастбища, лесопосадки или парки. Если допускается застройка участков, на которых существует возможность оползня, местоположение и (или) интенсивность такой застройки должны регулироваться в целях уменьшения опасности. Примерами нормативных актов, входящих в законодательство об использовании участков, где возможны оползни и сели, являются:

Правила зонального землепользования. Зональное землепользование реализует выгоды контролируемого освоения свободных земель в районах, где могут происходить оползни, и ограничения расширения существующей в этих районах застройки. В соответствии с законами о разделении на зоны может предусматриваться такое использование земель, при котором риск, связанный с оползнями, будет сведен к минимуму. Сюда относятся открытые пространства, парки, неорошаемое земледелие, леса, заповедники и зоны отдыха. Законодательство о землепользовании может включать положения, запрещающие отдельные виды землепользования или такие виды работ, которые могут привести к нарушению устойчивости земельных массивов; может запрещаться строительство объектов, более уязвимых при нарушении устойчивости склонов, таких, как жилые фермы, ирригационные сооружения, системы сбора или удаления сточных вод; может также запрещаться работа механизмов, действующих за пределами существующих дорог.

Посредством зонального регулирования можно обеспечить контроль за плотностью застройки на склонах. Например, в большинстве подверженных оползням районов округа Сан-Матео (шт. Калифорния) зональным регулированием ограничивается плотность жилых домов до одной постройки на 16 га. Такое регулирование преследует цели как безопасности, так и эстетики. Низкая плотность застройки предельно уменьшает неблагоприятные социальные и экономические последствия обрушений; ограничение застройки будет способствовать также сохранению природной красоты склонов.

Правила планировки строительства на склонах. В некоторых населенных пунктах приняты определенные правила контроля за выемкой и засыпкой грунта, предусматривающие сохранение устойчивости склона. Этими правилами учитывается не только крутизна склонов, но также характеристики почв и грунтов и условия их осушения. Для того чтобы определить тип планировки и способ ее реализации, необходимо привлечь инженера-геолога или геофизика.

Правила раздельного проектирования. Другим способом контроля за застройкой районов, подверженных оползням и селям, являются правила раздельного проектирования (планировка отдельных участков земли для прокладки улиц, тротуаров, систем канализации и т.п. при подготовке к строительству жилых домов). Раздельное проектирование и зональные правила освоения территорий должны строго учитывать требования, вытекающие из соответствующей технической информации о проблемах, связанных с потенциальной возможностью оползней.

Санитарные нормы. Местные системы удаления сточных вод, в которых используются адсорбционные свойства грунта (септические танки, поля фильтрации, проницаемые русла и днища котлованов), могут способствовать насыщению влагой почв и грунтов в прилегающем районе и вызывать оползни. Поэтому такие системы должны находиться под постоянным контролем в районах, где склоны могут быть подвержены оползням.

2. Успехи планирования землепользования

Достигнуты значительные успехи в планировании землепользования, осуществляемом в целях снижения потерь от оползней и селей. Альтернативным способом, широко используемым во всем мире, является защита существующих сооружений различными инженерными методами. Хотя они сами по себе не относятся непосредственно к методам планирования, само решение — применять или не применять инженерные методы — относится к области планирования. Однако более эффективным и экономичным способом снижения потерь зачастую является предотвращение нового строительства, регулирование застройки, перенос или переустройство существующей застройки. В этом разделе будут приведены примеры, дающие представление о выгодах, полученных от применения этих методов планирования землепользования. Большая часть примеров относится к США, поскольку там опубликована значительная часть информации об экономической эффективности планирования землепользования и поскольку эта литература наиболее знакома авторам. Были бы весьма полезны такого же рода обобщающие материалы об эффективности планирования землепользования и других мероприятиях, проводимых также и в других странах.

В США программы снижения ущерба от оползней и селевых потоков в нескольких географических районах успешно действуют благодаря усилиям представителей местных властей и граждан. Для всех этих программ характерны четыре общих условия: 1) наличие соответствующей технической информации о степени опасности; 2) наличие технического персонала, способного квалифицированно использовать и расширить исходные технические данные; 3) дееспособность и заинтересованность местных властей и 4) население, представляющее важность программ и оказывающее поддержку их осуществлению, что способствует охране его здоровья, безопасности и благополучия [13].

В округе Сан-Матео (шт. Калифорния) с 1975 г. используется карта оползней опасных районов [2] в качестве схемы районирования, по которой осуществляется контроль за плотностью застройки в округе в зависимости от степени опасности оползней. Для районов, где опасность наибольшая, допускаемая плотность застройки не превышает одного жилого дома на площади 16 га. После того как стало применяться районирование территории, не зарегистрировано ни одного случая возникновения оползней на 1055 строений, из которых около 370 располагались на участках, лежащих на оползнеопасных склонах (в соответствии с устной информацией Тейлора, 1981). Еще один пример эффективности районирования дает г. Портола-Велли, в районе залива Сан-Франциско. В 1967 г. в Портола-Велли были введены правила выдачи разрешений на землепользование на основе крупномасштабной карты (м-б 1:6000) оползнеопасных районов [6]. После введения этих правил было освоено около 350 земельных участков; сообщалось только об одном случае оползания в этом районе, которое произошло там, где владелец настаивал на строительстве в нарушение принятых рекомендаций (по устной информации Тейлора). Другой подход к районированию был использован в округе Фейрфакс, шт. Виргиния, где в целях районирования использовались карты, на которых были очерчены зоны с различной степенью риска, составленные по различным геологическим материалам [10]. Застройщики обязаны были получить квалифицированную инженерную консультацию об участках, пригодных для застройки, которые определялись по конкретным геологическим материалам. Власти округа требуют представления отчетов об обследовании участков строительства и о планах застройки; они рассматриваются Советом округа по охране природы. В результате достигнуто "резкое сокращение случаев возникновения оползней" [3].

Лучшим примером успешного осуществления местных программ по снижению ущерба от оползней и селей в США может служить программа, разработанная для г. Лос-Анджелес (шт. Калифорния), действующая на протяжении последних 30 лет. Программа уменьшения потерь в Лос-Анджелесе основана главным образом на правилах, которые могут служить моделью для других городов. Эти правила требуют конкретных оценок потенциальной возможности оползней и селей инженерами-геологами и геотехниками до начала строительства, а также контроля за земляными работами в период строительства. В результате ущерб от оползней и селей частным строениям, возведенным в Лос-Анджелесе после 1963 г., когда были приняты строгие правила, регулирующие проведение земляных работ, снизился более чем на 90% по сравнению с ущербом для строений, построенных до введения в действие этих правил [12]. Лейтон [8] считает, что ущерб от оползней в Калифорнии может быть снижен на 95-99% при эффективном использовании информации, получаемой в результате геологических и геотехнических исследований, проводимых в масштабе регионов, отдельных участков и строительных площадок. При наличии такой информации оползни, сели и другие опасные явления геологического характера могут учитываться с позиций здравого смысла и экономической эффективности в планировании землепользования. В исследовании, выполненном отделом шахт и геологии штата Калифорния и упомянутом ранее [1], сделано заключение, что предполагаемые убытки от оползней в Калифорнии, которые составят почти 10 млрд. долл. в период между 1970 и 2000 годом, можно уменьшить на 90%, если принять программы снижения потерь, затраты на которые составят немного больше 1 млрд. долл. Таким образом, отношение выигрыша к издержкам составит около 9:1.

Имеется мало данных, касающихся оценок эффективности мероприятий по переносу или перестройке существующих сооружений как способа снижения ущерба от оползней и селей. Лучшими примерами являются случаи, когда существующие места застроек были полностью или частично разрушены в результате оползней, и в качестве реакции на эти потери принимались решения о замене ранее произведенной застройки другими видами землепользования, менее чувствительными к оползням. Таким образом, этот вид планирования землепользования занимает промежуточное положение между предотвращением новой застройки и переносом или преобразованием существующей застройки. Заслуживающим внимания примером такого рода планирования землепользования является случай переноса г. Юнгей (Перу), который был засыпан лавиной с горы Хуаскаран в 1970 г. Город Юнгей был перенесен на новое место, отстоявшее на несколько сотен метров от прежнего; но это место было значительно безопаснее в случае повторения схода лавины с горы Хуаскаран. Другие примеры успешного переноса построек в случае оползней или селей весьма редки, поскольку в урбанизированных районах потребность в повторной застройке пустующих после оползня участков земли быстро возрастает с течением времени.

Чаще можно найти примеры только частичного успеха операций по переносу или преобразованию существующих сооружений, поскольку осуществлению намеченных программ мешает сопротивление владельцев недвижимости, застройщиков или населения. Превосходным примером может служить г. Анкоридж, который сильно пострадал от оползней, возникших при землетрясении 1964 г. на Аляске. После землетрясения правительство США создало специальное научно-техническое подразделение особого назначения для оценки ущерба, определения возможной опасности в будущем и подготовки рекомендаций, направленных на сведение к минимуму неблагоприятных последствий любых возможных землетрясений или оползней. Особенно интересными были решения по планировке земель в районах трех самых больших оползней: Форт-авеню, Л-стрит и Турнегейн-Хейтс [9]. Эти оползни разрушили жилые дома, производственные и административные здания и сооружения. В рекомендациях предлагалось перейти к другим видам использования прежних строений. Половинчатый успех в осуществлении рекомендаций подразделения особого назначения для этих районов вызван следующими обстоятельствами.

Оползень в районе Форт-авеню. Этот оползень был описан Вильсоном [14] как горизонтальное смещение земельного массива площадью 15 га на расстояние около 5 м, в результате чего была разрушена значительная часть делового района в центре города. Руководство подразделения особого назначения пришло к заключению, что да-

же в случае осуществления мероприятий по физическому контролю новое землетрясение может привести к оживлению этого оползня. Поэтому в 1964 г. было рекомендовано, чтобы территория в районе Форт-авеню использовалась под парки, стоянки автомобилей и легкие постройки не выше трех этажей [5]. Рекомендации по планировке и строительству были включены в план восстановления города, который был осуществлен относительно успешно, поскольку значительная часть земель в этом районе принадлежала федеральным властям. Однако план перестройки ограничивался районом, прилегающим непосредственно к зоне оползня, поскольку соответствующего экономического стимула для перестройки района, лежащего за пределами этой зоны, не было [9].

Оползень на Л-стрит. Этот оползень явился результатом смещения массива площадью 29 га, вызванного нарушением водонасыщенных песков, илов и глин. Исследования, проведенные научно-техническим подразделением особого назначения, показали, что участки самого оползня и смежные участки представляют опасную зону. Были даны такие же рекомендации, как и для района Форт-авеню, однако эти рекомендации в районе Л-стрит не были выполнены. Спустя год после землетрясения муниципальный совет г. Анкориджа решил изменить схему районирования и разрешил повысить плотность застройки жилыми зданиями. С 1964 г. здесь проводится обширное новое строительство, включая сооружение пяти новых высотных зданий на месте оползня или на прилегающих землях [9]. Эти земли были частной собственностью, и их владельцы полагали, что компенсация, полученная после катастрофы, была недостаточна для того, чтобы перенести строительство в другое место. Кроме того, местное население считало, что раз катастрофа произошла недавно, следующая может повториться только много времени спустя.

Оползень Турнегейн-Хейтс. Этот оползень был самым обширным и впечатляющим из всех оползней в Анкоридже. Он охватил 53 га и разрушил 75 домов. Управление жилищного строительства штата Аляска подготовило план реконструкции значительной части территории, захваченной оползнем, в соответствии с которым она отводилась под парк и рекреационное использование [9]. Однако только наименее подходящая из экономических соображений часть территории оползня была преобразована в парк, названный Эртквейк-парк (Парк Землетрясения). Муниципальный совет г. Анкориджа проголосовал против этого плана и допустил рассмотрение заявок на разрешение строительства в зоне оползня [11]. В 1977 г. спор о возобновлении застройки участков в зоне оползня Турнегейн-Хейтс привел к созданию мэром города Консультативной комиссии Анкориджа по вопросам геотехники [9]. Эта комиссия настоятельно предлагала местным властям не допускать застройки территории, охваченной оползнем, пока не будет гарантирована устойчивость этого массива. Однако несколько новых домов было построено в непосредственной близости от оползня, а также и на самом оползне.

Как и в случае с Л-стрит, непосредственной причиной только частичного успеха в изменении использования территории, охваченной оползнем в Турнегейн-Хейтс, видимо, было сопротивление владельцев недвижимости, для которых был нежелателен переход к менее интенсивному использованию их земельных участков. Критическим решением в случае с Турнегейном был провал операции Земельного управления шт. Аляска по приобретению прав на владение Турнегейн-Хейтс в обмен на земли, находящиеся во владении штата. На неудачную попытку передать в общественную собственность земли, охваченные оползнем, сразу после катастрофы, видимо, не было обращено должное внимание, а кроме того, в то время считали, что никто не рискнет начать строительство в столь опасном районе [9], — очевидно, такие рассуждения были ошибочными.

3. Заключение

Первым шагом в направлении уменьшения опасности возникновения оползней является оценка масштаба проблемы. Затем должно последовать ознакомление с основной технической информацией об оползнях и селях. Чтобы уменьшить повреждения и избежать ущерба, могут быть использованы как активные, так и пассивные методы. Активные методы включают: 1) инженерные способы защиты существующей застройки в районах, подверженных опасности нарушения устойчивости склонов, и 2) перенос застройки или перестройки существующих видов землепользования. Пассивные способы включают:

1) предотвращение новой застройки в угрожаемых районах и 2) принятие правил, регулирующих проектирование и строительство в целях снижения степени риска.

Литература

1. Alfors J.T., Burnett J.L., Gay T.E., Jr., 1973. Urban geology master plan for California. California Division of Mines and Geology Bulletin 198, 112 p.
2. Brabb E.E., Pampeyan E.H., Bonilla M.G., 1972, Landslide susceptibility in San Mateo County. California. U.S. Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map MF-360, scale 1:62,500.
3. Dallaire, Gene, 1976, Consultants reviewing plans of other consultants in Fairfax County, Va; landslides greatly reduced. Civil Engineering, American Society of Civil Engineers, vol. 46, N 9, p. 77-79
4. Erley, Duncan, Kockelman W.J., 1981, Reducing landslide hazards - a guide for planners. American Planning Association. Planning Advisory Service Report N 359, 29 p.
5. Hansen W.R., Eckel E.B., Schaem W.E., Lyle R.E., George, Warren, Chance Genie, 1966, The Alaska earthquake March 27, 1964 - investigations and reconstruction effort. U.S. Geological Survey Professional Paper 541, 111 p.
6. Hoexter D.F., Holzhausen, Gary, Sota A.E., 1978, A method of evaluating the relative stability of ground for hillside development. Engineering Geology, vol. 12, N 4, p. 319-336.
7. Kockelman W.J., 1980, Tools to avoid landslide hazards and reduce damage. U.S. Geological Survey Open-File Report 80-487, 21 p.
8. Leighton F.B., 1976, Urban landslides - targets for land-use planning in California, Coates D.R., ed, Urban geomorphology, Geological Society of America Special Paper 174, p. 37-60
9. Mader G.G., Spangle W.E., Blair M.L., William Spangle and Associates, Inc., with Meehan R.L., Bilodeau S.W., Earth Sciences Associates, Degenkolb H.J., Duggar G.S., Williams, Norman, Jr., Degenkolb H.J. and Associates, 1980, Land use planning after earthquakes. William Spangle and Associates, Inc., 3240 Alpine road, Portola Valley, California 94025, 24 p.
10. Obermeier S.F., 1979, Slope stability map of Fairfax County, Virginia. U.S. Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map MF-1072, scale 1:48,000
11. Selkregg Lidia. Crittenden E.B., Williams Norman, Jr., 1970, Urban planning in the reconstruction, The great Alaska earthquake of 1964 - Human ecology, National Academy of Sciences, Washington, D.C., p. 186-242.
12. Slosson J.E., Krohn J.P., 1979, AEG building code review - mudflow/debris flow damage; February 1979 storm - Los Angeles area. California Geology, vol. 32, N 1, p. 8-11
13. U.S. Geological Survey, 1982, Goals and tasks of the landslide part of a ground-failure hazards reduction program. U.S. Geological Survey Circular 880, 52 p.
14. Wilson S.D., 1967, Landslides in the City of Anchorage, Wood F.J., ed, The Prince William Sound Alaska earthquake of 1964 and aftershocks. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C., vol. 2, p. 253-297.

Глава 23

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОПОЛЗНЕЙ И СЕЛЕЙ

1. Общее рассмотрение социально-экономического аспекта

Размеры социального и экономического ущерба, наносимого оползнями и селями в различных районах земного шара, крайне значительны и явно продолжают возрастать. Оползни и сели не только уничтожают людей и домашний скот, не только наносят ущерб или разрушают жилые дома и промышленные районы, деревни и даже целые города, они разрушительно действуют на структуру сельскохозяйственных угодий и лесных масси-

вов, ухудшают качество воды в реках и ручьях. Однако именно деятельность человека, которая приводит к смещению и разрушению большой массы горных пород в ходе прокладки транспортных магистралей, жилого и промышленного строительства, горных работ, возведения плотин и водохранилищ, строительства каналов, туннелей и линий связи, явилась решающим фактором наблюдаемого в нашем столетии заметного роста случаев оползней.

Запись, сделанную Маринатосом [25], можно, по всей видимости, также отнести к одной из первых регистраций катастрофического оползня, который нанес значительный социальный и экономический урон: "В 373-372 гг. до н. э. в течение одной зимней ночи в Центральной Греции произошло страшное событие. Гелиос, крупный и процветающий город, расположенный на северном побережье Пелопоннеса, был поглощен волнами моря, а до этого - попросту сравнен с землей в результате большого землетрясения. Ни одна живая душа не спаслась". Наблюдения Маринатоса указывают на то, что Гелиос погрузился, по-видимому, в результате сползания почти километрового участка земли в море. Сид [35] пришел к выводу, что это был один из самых больших оползней, возникших вследствие разжижения рыхлых пород, вызванного землетрясением. Аналогичный случай (по-видимому, оползания обломков горной породы) был отмечен испанскими конкистадорами в XVI в. в Боливии [32]. По словам священника Падре Каланча, который наблюдал это событие издали, селение Ханко, насчитывавшее около 2000 жителей, исчезло "в считанные минуты": его поглотила земля, не оставив никаких признаков человеческого обитания, кроме облака пыли, которое поднялось над тем местом, где прежде располагалась деревня".

В XX в. появились подробные описания разрушительных последствий обрушения и оползания склонов. В качестве примера могут служить крупные оползни, которые произошли в результате землетрясения в 1920 г. в провинции Ганьсу (Китай), вызвали разрушение нескольких десятков деревень и гибель около 100 тыс. жителей. Три наиболее крупные оползня в Перу повлекли за собой множество человеческих жертв, разрушили множество деревень, уничтожили большие площади сельскохозяйственных угодий и многие километры автомобильных дорог. Оползни, обвалы и сели вызывают вторичный эффект, который также приводит к человеческим жертвам и разрушениям. Так, в 1963 г. обрушение огромных масс пород в водохранилище Вайонт, расположенное на севере Италии, привело к тому, что выплеснувшаяся через плотину огромная масса воды стала причиной гибели почти 3000 жителей.

Оползни и обвалы наносят гораздо больший социальный и экономический ущерб, чем принято считать; они часто служат одним из основных факторов, порождающих массу других серьезных стихийных бедствий, масштаб последствий которых недооценивается современными средствами массовой информации. Многие, например, считают, что громадные разрушения и опустошения, наблюдавшиеся в центре американского штата Виргиния в 1969 г., явились следствием пронесшегося над штатом урагана Камилла, хотя большинство тех, кто оказался жертвой этого несчастного случая, погибли в результате оползней и селей, вызванных ливневыми дождями.

Правительственные учреждения и те лица, которые несут ответственность за разработку государственных программ, должны иметь более полное представление о масштабах того социального и экономического ущерба, который наносится обществу оползнями и селями. Такое понимание будет служить основой для принятия рациональных государственных решений в деле распределения средств на программы по предупреждению стихийных бедствий, их предотвращению, контролю над ними, а также на программы по восстановлению и компенсации ущерба в районах, потерпевших бедствие.

2. Ущерб, наносимый оползнями и селями

Категории возникающих убытков

Прямые и косвенные убытки

Убытки, связанные с оползнями и селями, включают прямые и косвенные издержки на восполнение ущерба, нанесенного этими стихийными бедствиями общественной и личной собственности. Под прямыми убытками условимся понимать издержки, связанные с заменой, ремонтом и восстановлением тех сооружений и той собственности, которые пострадали в результате данного оползня, обвала или селя. Примеры такого ущерба отражены на рис. 23.1-3.

Все другие убытки, связанные с оползнями и селями, являются косвенными. Примерами их служат: а) потери в урожайности сельскохозяйственных и лесных угодий; б) уценка недвижимого имущества в районах, находящихся под угрозой оползней, селей и обвалов; в) сокращение поступлений от налогов на собственность, обесцененную в результате происшедших оползней, обвалов и селей; г) затраты на предотвращение или уменьшение дополнительного ущерба от оползней и селей; д) убытки, связанные с ухудшением качества воды в ручьях, реках и ирригационных системах в районах, располо-



Рис. 23.1. Большой ущерб был нанесен в октябре 1966 г. городу Аберфан в Уэльсе (Великобритания) в результате оползня, вызванного обрушением вершины террикона. Жертвой оползня стали 144 жителя города Аберфан, включая учеников (116 человек) и 5 учителей начальной школы (фотография слева в центре)



Рис. 23.2. Сель, который возник 11-го сентября 1976 г. и сильно разрушил деревню Танийири в префектуре Кагава, Япония. Этот сель был вызван интенсивными ливневыми дождями (около 1 400 мм), которые принес с собой тайфун (фотография была любезно представлена г-ном Табата, министром строительства Японии).

женных по соседству с районом бедствия; е) урон, наносимый промышленному или сельскохозяйственному производству из-за приостановления транспортных перевозок вследствие стихийных бедствий; ж) вторичные физические явления типа наводнений, которые приводят как к прямым, так и к косвенным убыткам. Некоторые из видов косвенных убытков, возникающих в результате оползней и обрушений, оценивать трудно; эти оценки, как правило, весьма осторожны или не принимаются во внимание. В случаях, когда косвенные убытки оцениваются достаточно точно, их величина иногда превосходит размеры прямых убытков. На рис. 23.4 проиллюстрирована потенциальная возможность возникновения крупного оползня, который может разрушить портовые сооружения в г. Кадыак на Аляске и вызвать волну, способную затопить центр города. Угроза возникновения оползня, по мнению некоторых лиц, должна привести к росту косвенных издержек, связанных с затратами на проектирование новой зоны порта.

Восполнение убытков для частной собственности преимущественно связано с компенсацией ущерба, нанесенного недвижимости и таким формам собственности, как частные дома или промышленные сооружения. Убытки, которые несет частное лицо, считаются косвенными в случае, когда стоимость его собственности уменьшается не в результате прямого ущерба, а в силу наличия потенциальной угрозы возникновения оползней, обвалов или селей.



Рис. 23.3. Оползень, который снес участок шоссе в долине Рибейрао да Флореста, простирающейся в районе Серра дас Арарас, Бразилия. Снежные лавины, несущие обломки породы, прошедшие 22–23 января 1967 г. в результате сильных дождей, серьезно разрушили транспортные магистрали этого района (F.O. Jones, 1973). Потоки воды и грязи, обрушившиеся из многочисленных притоков реки, соединились вместе и затопили весь лагерь строителей шоссе, а также значительную часть деревни (фотография сделана Ф.О. Джоунзом, Геологическое обследование США).

Рис. 23.4 На склоне горы Чиллар, рядом с которой расположен город Кодьяк (Аляска), хорошо видны рвы, оставленные оползнями и обвалом. Это свидетельство косвенного ущерба, наносимого такими стихийными бедствиями. Крупная трещина, расположенная выше головной части оползня, может вызвать сдвиг пород объемом около 10 млн. м³. Возникший при этом обвал вполне может разрушить новый торговый причал и создать волну, которая вызовет большие разрушения в городе Кодьяк. Угроза такого бедствия повлекла за собой только небольшие прямые затраты; однако косвенные затраты, связанные с анализом вероятности и последствий от обрушения, оказались значительными. Вполне возможно, что косвенные издержки еще больше возрастут, как только встанет вопрос о необходимости страхования и вопрос о финансировании расширения порта (фотография из Геологического обследования США)

Убытки для общественной и частной собственности

Вопрос о том, кто покрывает ущерб от таких стихийных бедствий, представляет для нас, наверно, больший интерес, чем проблема разделения прямых и косвенных убытков. С этой точки зрения можно разделить всю сумму ущерба на две группы убытков – для общественной и частной собственности [13].

Убытки для общественной собственности относятся на счет государственных учреждений, убытки же для частной собственности наносят ущерб организациям всех прочих категорий. Восполнение наиболее крупных убытков для общественной собственности традиционно связано с ремонтом, восстановлением или перемещением автомобильных и железных дорог и сопутствующих им сооружений типа коллекторов для сбора ливневых вод, пешеходных дорожек и тротуаров. Примерами выполнения общественных убытков могут также служить затраты, связанные с ремонтом и восстановлением плотин и водохранилищ, канализационных систем, общественных зданий, гаваней и портовых сооружений.

Примеры ущерба, наносимого оползнями, обвалами и селями

Финансовый ущерб

В связи с тем, что трудно получить достоверную информацию об общих финансовых убытках, которые несут в результате таких стихийных бедствий отдельные государства, отсутствует в настоящее время и возможность оценить финансовые потери для всего мира в целом. А так как у нас есть относительно надежная информация об убытках, которые вызываются оползнями и селями в США, и авторы статьи достаточно хорошо знакомы с этими данными, мы здесь будем касаться ущерба преимущественно для США. Предлагаемая нами статистика в большинстве случаев может быть использована для оценки положения в других промышленно развитых странах, т.е. в странах, которые располагают сходными геологическими и географическими условиями и сходным соотношением сельских и городских регионов. Вместе с тем заметим, что размеры ущерба, оцениваемого для США, могут быть несколько выше, чем для развивающихся стран, где стоимость собственности и рабочей силы может быть ниже, чем в США. Кроме того, указанные здесь убытки выражены в долларах США по курсу, который имел место в период возникновения стихийного бедствия; другими словами, мы не пытались вводить поправку на инфляцию путем учета реальной стоимости доллара тех лет по отношению к нашему времени.

По данным Управления по обследованию состояния автомобильных дорог^{*}, которые содержали, по-видимому, первую в истории США общую оценку ущерба от оползней и селей, "среднегодовой финансовый ущерб, связанный с оползнями в США, исчисляется сотнями миллионов долларов", — цифра на наш взгляд, для тех времен вполне реальная. Однако, после того, как Смит получил эти данные, минуло 25 лет, в течение которых наблюдались инфляция, более интенсивное освоение районов, находящихся под угрозой оползней, обвалов и селей, и более масштабные работы по возведению каналов, дамб и насыпей. Указанные факторы в совокупности существенно повысили размер финансовых убытков, связанных с предупреждением обвалов и разрушений склонов.

По оценкам Крона и Слоссона [24], ежегодный ущерб от оползней строениям и землям, находящимся в частной собственности, составляет в США около 400 млн. долл. (по курсу 1971 г.); причем, эти цифры не включают такие виды убытков, как ущерб, нанесенный общественной собственности, системе транспорта, шахтам и горным разработкам, сельскому хозяйству и лесным угодьям и т.п. Не учитывают они и косвенные убытки. Таким образом, эти 400 млн. долл. можно рассматривать лишь как часть тех прямых и косвенных убытков для общественной и частной собственности, которые несли по этой причине США в то время. Джонс [22], в свою очередь, осуществил подсчет совокупного материального ущерба в США от оползней и оседания почвы за 1925–1975 гг.; согласно его данным, за этот период прямые убытки оцениваются по меньшей мере суммой в 75 млрд. долл. Как оказалось, этот ущерб более чем в три раза превысил суммарный показатель ущерба, нанесенного за тот же период времени такими стихийными бедствиями как наводнения, ураганы, смерчи и землетрясения. Взяв за основу эти данные и дополнив их показателями косвенных убытков и ранее не опубликованными данными, Шустер [33] пришел к выводу, что прямые и косвенные потери для государственной и частной собственности в США ежегодно превышали 1 млрд. долл. К 1983 г. этот годовой показатель, по всей видимости, возрос до 1,5 млрд. долл. прежде всего из-за инфляции.

Н. Оххира, генеральный директор Японского национального исследовательского центра по предупреждению стихийных бедствий^{**}, отметил, что Япония также теряет в целом около 1,5 млрд. долл. в год в результате ущерба, наносимого стране оползнями и селями (oral comm., 1982). Согласно неопубликованным результатам обследования, которое проводилось ЮНЕСКО в 1976 г. с целью оценки убытков от оползней, ежегодный материальный ущерб в Италии составил около 1,14 млрд. долл. (M. Arnould, Written comm., 1982). Исходя из оценок ущерба от оползней в сумме 100 млн. долл. на 10 000 км автомобильных и грунтовых дорог, проложенных в холмистых и горных районах северной Индии, Матур [26] пришел к выводу, что для суммарной протяженности дорог в 88 979 км, расположенных в этих районах с потенциальной угрозой оползней и обвалов, такие потери ежегодно составляют около 1 млрд. долл. Причем, в своих подсчетах Матур не только учитывал затраты на реконструкцию и восстановление, которыми обычно ограничиваются оценки убытков, но и принимал во внимание такие виды косвенных убытков, как потери человеко-часов и машино-часов работы в результате блокирования транспортных магистралей, ущерб для перевозимого груза, снижение доходов от туризма и убытки из-за нарушения систем связи. Эти косвенные убытки до сих пор вообще не учитывались в оценках ущерба для таких стран, как США, Япония, Италия. Наиболее весомый из косвенных показателей — потери рабочего и транспортного времени — составил 350 млн. долл. Вот почему оценки материального ущерба из-за оползней, полученные для Индии, нельзя непосредственно сопоставлять с данными по ущербу, рассчитанными для вышеуказанных трех стран. И все же представляется, что разница в показателях ежегодных убытков из-за оползней и обвалов в таких странах, как США, Япония, Италия и Индия, невелика. По данным авторов, цифры убытков по аналогичным показателям в большинстве других стран не публикуются, но, по их мнению, размеры этого ущерба в них значительно ниже, чем в указанных четырех странах.

* Highway Research Board

** Japanese National Research Centre for Disaster Prevention

Для меньших по территории географических районов можно выводить несколько более точные оценки материального ущерба. Арнольд и Фрей [3] привели примеры подсчета экономических потерь для отдельных случаев, происшедших в различных частях земного шара. Однако, они не смогли получить достаточной информации из нескольких стран, масштабы бедствия в которых были наибольшими.

В США наиболее опустошающими были оползни и обвалы, которые произошли в результате землетрясения на Аляске в 1964 г., и оползни, случившиеся в 1980 г. в южной части Калифорнии и в 1982 г. в районе залива Сан-Франциско. По оценкам Йода [45], на долю смещения земной коры, происшедшего в результате землетрясения на Аляске, приходится 60% от общего материального ущерба, составившего тогда 300 млн. долл.; причем, чаще всего такие смещения представлены в виде оползней. Пять наиболее крупных оползней нанесли ущерб гражданским объектам в Анкоридже (самом крупном городе Аляски) на сумму 50 млн. долл. из общей суммы в 85 млн. долл. ущерба от землетрясения. Ущерб, нанесенный автострадам и железным дорогам, а также мостам в результате оползней, исчислялся почти в 50 млн. долл. Морская волна, порожденная этим смещением земельных масс в трех прибрежных районах Аляски, затопила портовые сооружения и оборудование стоимостью около 15 млн. долл.

В 1980 г. затяжные ливневые дожди вызвали в шести южных округах шт. Калифорния такие оползни, обвалы, сели и сходные с ними явления, что совокупные экономические потери составили около 500 млн. долл. [36]. Жестокий шторм, разразившийся в первых числах января 1982 г. в районе залива Сан-Франциско, и катастрофические наводнения вызвали множество случаев обрушения пород и несколько крупных оползней. Погибло около 30 человек, сотни людей лишились крова, а материальные убытки в результате оползней, обрушения пород и связанных с ними наводнений превысили сумму в 280 млн. долл., большая часть которых, по-видимому, была вызвана оползнями и обвалами [38]. Были повреждены или полностью уничтожены около 6500 жилых домов и 1000 промышленных предприятий и учреждений.

Особый ущерб такие стихийные бедствия наносят районам с высоким уровнем урбанизации. Например, оползни, возникавшие в округе Аллегни (Питтсбург, шт. Пенсильвания) принесли убытки в сумме около 2 млн. долл. в год за период 1970–1974 гг. [5]. В качестве еще одной иллюстрации могут служить материалы недавнего геологического обследования, проведенного в США с целью оценки последствий от оползней, происходивших в районе г. Сан-Диего (шт. Калифорния), в дождливые сезоны 1978–1979 и 1979–1980 гг. Согласно данным этого обследования, 120 оползней нанесли ущерб на сумму около 19 млн. долл.

Во многих странах мира наибольшая доля ущерба от оползней и селей приходится на транспортную систему, преимущественно автомобильные и железные дороги. Однако, часто отсутствует возможность подсчитать точные размеры этих потерь ввиду того, что: а) многочисленные повреждения от небольших оползней и обвалов исправляются путем проведения текущих восстановительных работ, что не позволяет выделить издержки, связанные с оползнями, из общей суммы затрат на ремонтно-восстановительные работы; б) значительную долю от ущерба, наносимого транспортной системе, составляют такие виды косвенных, почти не поддающихся оценкам потерь, как убытки, связанные с простоем транспорта и нарушением графика транспортных перевозок; с неудобствами для водителей, проведением инженерных обследований, а также анализом и проектированием вариантов восстановительных работ. По умеренным оценкам Федерального управления автомобильных дорог, суммарная стоимость годового ущерба, наносимого дорогам и автострадам США оползнями, обвалами и селями, составляет около 100 млн. долл. [7]. Аналогичных данных для железных дорог не имеется, хотя можно предполагать, что величина ущерба будет гораздо меньше благодаря тому, что в регионах США с потенциальной опасностью проявления оползней общая протяженность железных дорог меньше, чем протяженность автодорог.

Имеются также данные, касающиеся стоимости ущерба, наносимого оползнями и обвалами автострадам и шоссевым дорогам Индии. В дополнение к общим цифрам материального ущерба представленным Матуром [26], выделим данные, которые касаются отдельных случаев стихийных бедствий. Так, Чопра [8] отметил, что катастрофические разрушения в системе транспортных магистралей наблюдались в Северной Бенгалии и Сиккиме в 1968 и 1973 гг.; на восстановительные работы в указанных районах было затрачено соответственно 14 млн. и 8 млн. долл. Чарма [6] представил

описание отдельных оползней в Непале, которые явились причиной гибели сотен жителей, лишили крова более тысячи семей и нанесли материальный ущерб стоимостью в сотни тысяч долларов, большая часть которого пришлось на дороги и автострады.

В ряде исследований в целях планирования делалась попытка дать прогностические оценки стоимости ущерба, который может возникнуть от предполагаемых оползней в будущем. В исследовании, проведенном Калифорнийским горно-геологическим управлением, ставилась задача прогнозирования материального ущерба, который может возникнуть в результате стихийных бедствий геологического происхождения в период между 1970 и 2000 гг. Стоимость ущерба, который может быть нанесен вследствие оползней и обвалов в Калифорнии, согласно прогнозам, составит почти 10 млрд. долл. и более 300 млн. долл. в год [1]. Такая оценка строилась на предположениях что относительно слабая или умеренная активность, наблюдавшаяся в Калифорнии в 1970 г., сохранится и впредь. На рис. 23.5, полученном из материалов указанного исследования, дан прогноз ущерба, который может возникнуть в результате всех предполагаемых видов оползневых и селевых процессов. Эти данные сопоставляются с прогнозом ущерба, который может возникнуть в результате других видов стихийного бедствия и развития процессов урбанизации. Как оказалось, во всей сумме ущерба от так называемых "катастрофических" бедствий геологического происхождения, потери, связанные с оползнями, обвалами и селями, превышают потери от наводнений, но, в свою очередь, не будут выше потерь, которые могут быть вызваны землетрясениями. Калифорния является районом с особой предрасположенностью к землетрясениям, и, как показывает прогноз, в течение указанного 30-летнего периода на заселенной части этого штата могут произойти одно или несколько крупных землетрясений.



Рис. 23.5. Прогностические оценки материального ущерба, который может быть нанесен стихийными бедствиями и процессом урбанизации в шт. Калифорния, в период между 1970 и 2000 гг. Прогноз строился на предположении, что нынешняя практика сокращения и компенсации ущерба сохранится и впредь (Alfons and others, 1973)

Человеческие жертвы

Наряду с экономическим ущербом, оползни и обрушения во многих случаях влекут за собой большие человеческие жертвы. Случаи гибели людей от страшных, катастрофических по своим масштабам оползней и обрушений, были отмечены еще в те времена, когда только начинали заселять сейсмоактивные места, а современный процесс повсеместного расселения человека усугубил проблему. Варнес [40] отметил, что за период между 1971 и 1974 гг. в результате такого рода стихийных бедствий в мире ежегод-

но погибало почти 600 человек. Интересно отметить, что около 90% всех жертв оползней и обвалов проживало в Тихоокеанском бассейне (т.е. в районах, которые находятся внутри бассейна или прилегают к нему). В качестве иллюстрации масштаба человеческих жертв, наблюдаемых только в одной стране, можно привести данные Крона и Слоссона для США [24]. Согласно их подсчетам, различные виды оползней и селей ежегодно уносят более 25 жизней, что заметно превышает среднее число жертв от землетрясений.

Анализ результатов международного опроса, который проводился ЮНЕСКО с целью изучения процесса массовых перемещений грунта, содержит информацию, раскрывающую масштабы гибели людей в результате оползней в ряде других стран [3]. Если учитывать весь период регистрации таких случаев, то наиболее крупные жертвы, которые понесло человечество в результате единичного бедствия, наблюдались в результате уже упомянутого нами землетрясения в 1920 г. в китайской провинции Ганьсу. Согласно официальным данным этой страны, общее число тех, кто погиб из-за сопутствующих землетрясению оползней, обрушения землянок, зданий и строений, из-за зимнего холода, составило 200 тыс. человек [9]. Из описания Клоуза и Маккормика следует, что прямыми жертвами оползней стали около 100 тыс. человек.

Наиболее крупными по числу жертв из всех хорошо известных нам случаев недавнего времени являются, по всей видимости, горные обвалы, которые произошли в 1962 и 1970 гг. на склонах перуанской горы Хуаскаран в Белых Кордильерах. Так, в январе 1962 г. сильный горный обвал, который явился продолжением снежной лавины, взявшей начало на леднике северного склона горы, превратился в сплошное месиво из льда, воды, горной породы и земли и с грохотом пронесся по горным деревням, унеся с собой 4-5 тыс. жизней [10]. Восемь лет спустя трагедия повторилась, но в еще больших масштабах, и сопровождалась еще большим числом жертв. Ей предшествовало землетрясение в 7,75 баллов по шкале Рихтера, эпицентр которого находился в море к западу от побережья: именно оно вызвало страшный горный обвал на склонах все той же горы Хуаскаран [10, 30]. Лавина из горных пород пронеслась вниз со скоростью около 320 км/ч, обрушилась на ту же долину, охватив на этот раз более широкую полосу; она погребла под собой города Юнгей и Ранрахирка и унесла более 18 тыс. человеческих жизней.

В 1974 г. еще один крупный оползень в Перуанских Андах стал причиной гибели около 450 человек, в основном проживавших в деревне Маюнмарка [17]. Этот оползень, прошедший в долине Мантаро, имевший массу в $1,6 \text{ км}^3$, оказался одним из наиболее крупных в истории. Он временно перекрыл русло реки Мантаро, образовав озеро глубиной около 170 м и длиной около 31 км. Главная дорога, которая проходила вдоль русла реки и над так называемой "плотиной", была во многих местах разрушена многочисленными малыми оползнями, которые возникли после в результате подмыва берегов искусственного водохранилища. До 1982 г. эта дорога, насколько нам известно, так и не была восстановлена. Переливаясь через край плотины и разрушая ее, река превратилась в бурный и опасный поток, который разрушил дорогу на протяжении 20 км, снес три моста и затопил множество ферм.

В последнее время наиболее разрушительным в Европе было обрушение горных пород в Вайонтское водохранилище на северо-востоке Италии. Это стихийное бедствие произошло в 1963 г. в результате подмывания берега водохранилища. В воду с громадной скоростью обрушилась масса объемом около 250 млн. м^3 , которая породила волну высотой 260 м, ударившуюся о противоположный берег, и другую волну высотой не менее 100 м, прошедшую к плотине, пережелезнувшуюся через нее и обрушившуюся на расположенную внизу долину. В результате было разрушено пять деревень и погибло около 3000 человек [23].

Среди промышленно развитых стран Япония, пожалуй, понесла наибольшие человеческие жертвы и материальный ущерб в результате оползней и обрушения склонов. Самым ранним из известных нам является оползень, который прошел в Японии в 989 г. до н. э.; этот оползень принес разрушения и смерть громадному числу людей [14]. Хотя некоторые из оползней вызываются землетрясениями, значительное их число является прямым следствием ливневых дождей в период, когда свиреп-

ствуют тайфуны. В случае, когда такой оползень возникает в районах городской застройки, как правило, следует ожидать значительного ущерба. Так, в июле 1938 г. один из крупнейших городов Японии Кобе был попросту снесен в результате обрушения породы, вызванного ливневыми дождями. При этом погибло около 600 жителей города и было разрушено более 100 тыс. домов [28, 14, 19]. Аналогичным образом погибли 1154 жителя города Куре в 1945 г., когда на город обрушился оползень, возникший в результате ливневых дождей, прошедших вслед за тайфуном. Этот оползень сильно разрушил или полностью уничтожил около 2000 жилых строений [28, 19]. Другие примеры человеческих жертв и материального ущерба, которые наблюдались в Японии в течение шестнадцатилетнего периода между 1967 и 1982 гг. в результате оползней, обвалов и селей, представлены в табл. 23.1. В табл. 23.2 содержатся данные о

Таблица 23.1

Число смертных случаев в Японии в 1967-1982 гг.*

Год	(А) Смертные случаи в результате наводнений и всех форм обрушений	(Б) Смертные случаи в результате обрушения пород и селей	(В) Смертные случаи в результате других форм оползней	Смертные случаи от всех форм оползней в процентах ко всей массе смертных случаев $\frac{Б + В}{А} \cdot 100\%$
1967	603	297	158	75,4
1968	259	154	5	61,4
1969	183	32	82	62,3
1970	175	22	27	28,0
1971	376	53	171	59,6
1972	637	194	239	68,0
1973	81	19	18	45,7
1974	239	40	129	70,7
1975	202	71	49	59,4
1976	242	72	81	63,2
1977	54	12	8	37,0
1978	110	16	24	36,4
1979	202	4	23	13,4
1980	114	0	25	21,9
1981	92	13	20	35,9
1982**	508	152	185	66,3
Итого:	4077	1151	1244	
В среднем (в год)	255	72	78	
Общий процент смертных случаев, вызванных всеми формами оползней				58,7

* В течение указанных 16 лет все виды оползней послужили причиной гибели 55% от всех жертв стихийных бедствий в Японии (по данным Министерства строительства Японии, 1983)

** Неопубликованные данные за 1982 г. были представлены Министерством строительства Японии

Число смертных случаев в Японии в период между 1938 и 1981 гг.
в результате крупнейших оползней и селей*

Дата	Префектура	Сильно пострадавший район	Число погибших или пропавших без вести, чел.	Число сильно поврежденных или разрушенных строений
Июль 1938 г.	Хиого	Гора Рокко (район Кобе)	505	130 192
Июль 1945 г.	Хиросима	Город Куре и его окрестности	1 154	1 954
Сентябрь 1947 г.	Гунма	Гора Акаги	271	1 538
Июль 1951 г.	Киото	Камеока	114	15 141
Июнь 1953 г.	Кумамото	Гора Асо	102	-
Июль 1953 г.	Вакаяма	Река Арита	460	4 772
Август 1953 г.	Киото	Минамиямасиро	336	5 122
Сентябрь 1958 г.	Сидзуока	Река Каногава	1 094	19 754
Август 1959 г.	Яманаси	Река Каманаси	43	277
Июнь 1961 г.	Нагано	Район долины Ина	130	3 018
Сентябрь 1966 г.	Яманаси	Озеро Сайко	32	81
Июль 1967 г.	Хиого	Гора Рокко	92	746
Июль 1967 г.	Хиросима	Город Куре и его окрестности	88	289
Июль 1972 г.	Кумамото	Остров Амакуса	155	750
Август 1972 г.	Ниигата	Деревня Курокава	31	1 102
Июль 1974 г.	Кагава	Остров Шодо-сима	29	1 139
Август 1975 г.	Аомори	Гора Иваки	22	28
Август 1975 г.	Кочи	Река Ниодо	68	536
Сентябрь 1976 г.	Кагава	Остров Шодо-сима	119	2 001
Май 1978 г.	Ниигата	Миоко-Коген	13	25
Октябрь 1978 г.	Хоккайдо	Гора Узу	3	144
Август 1979 г.	Гифу	Горадани	3	16
Август 1981 г.	Нагано	Убара	10	56

*Все указанные здесь смещения масс были вызваны ливневыми дождями в основном в период прохождения тайфунов; ни один из них не был вызван землетрясением или вулканической активностью (по данным Министерства строительства Японии, 1983)



Рис. 23.6. Грязекаменный селевой поток на северном склоне горы Хеленс в шт. Вашингтон, США, возникший в результате извержения вулкана в мае 1980 г. На заднем плане восточный край оползня и конус горы Святой Елены (фотография сделана Р.М. Криммелем, Геологическое обследование, США)

человеческих жертвах, которые понесла Япония в результате катастрофических оползней и селей, прошедших в 1945–1976 гг. [19]. Заметим, что Япония почти ежегодно страдает от крупнейших обвалов и оползней, которые сопровождаются гибелью многих людей и громадным материальным ущербом.

В Советском Союзе наиболее крупная катастрофа произошла в 1949 г., когда землетрясение мощностью 9 баллов, происшедшее в горах Тянь-Шаня, вызвало массовое обрушение склонов, сложенных лессовыми породами [21, 42]. Некоторые из крупных советских городов, такие как Алма-Ата, Ереван, Душанбе и Фрунзе, расположены в районах с потенциальной опасностью обвалов, селей и оползней [15]. В 1921 г. крупный селевой поток был причиной гибели около 500 человек в Алма-Ате [44].

Хотя в Северной Америке и наблюдалось несколько очень крупных и опустошительных обрушений склонов, большая часть таких явлений происходила в горных районах с низкой плотностью населения. В результате, жертвы от таких обрушений оказались незначительными. Вместе с тем следует отметить и ряд неприятных исключений, имевших место в нашем столетии. Первый такой случай произошел в Канаде в 1903 г., когда в шахтерском городке Фрэнк провинции Альберта обрушилась массивная скала и погребла под собой около 70 его жителей [27]. Не так давно, в 1971 г., в Канаде произошла другая катастрофа: оползень в глинистых породах разрушил часть городка Сент-Джин-Вьяни, расположенного в провинции Квебек; он разрушил около 40 домов и явился причиной гибели 31 человека [39].

Наиболее страшным по числу человеческих жертв стихийным бедствием, постигшим США в XX в, было наводнение 1969 г., вызванное ураганом Камилла. Это наводнение способствовало возникновению крупных оползней в центральной части штата Виргиния [43]. И хотя у нас отсутствуют точные цифры жертв и потерь, мы можем утверждать, что большая часть из тех 150 человек, которые погибли от урагана Камилла, оказались прежде всего жертвами оползней, вызванных ураганом. Еще одной крупной катастрофой в США, связанной с обрушениями и оползнями, явился случай, когда в 1972 г. обрушилась плотина в местечке Буффало-Крик штата Западная Виргиния [12]. Оползень, возникший в результате обрушения трех угольных терриконов под действием сильных дождей, продвинулся на расстояние 24 км вниз по течению, унес 125 жизней и оставил без крова около 4 тыс. человек.

Интересно отметить, что с двумя наиболее крупными в новейшей истории оползнями и обрушениями связано относительно небольшое число человеческих жертв. Оползень, который возник на Памире в 1911 г. на территории нынешней Таджикской ССР и имел массу около 2,2 км³, был настоящей катастрофой. Однако, несмотря на столь большой объем и очень большую скорость перемещения, жертвы были незначительными благодаря тому, что плотность населения в районе бедствия оказалась малой. Наибольшее число смертных случаев наблюдалось, по всей видимости, в деревне Усой, 54 жителя которой были заживо погребены [4]. В мае 1980 г. крупная снежная лавина объемом в 2,8 км³, несущая с собой массу обломков горных пород (рис. 23.6), с громадной скоростью пронеслась по северному склону горы Святой Елены в США, шт. Вашингтон. Лавина возникла в результате извержения вулкана; она прошла в западном направлении почти 22 км, похоронив под наносами и обломками породы долину реки Норс Форк Тутл Ривер площадью около 60 км² [41]. И хотя эта лавина снесла, погребла под собой и разрушила девять шоссе, много километров шоссе и грунтовых дорог, множество общественных и частных зданий и строений [34], погибло в результате только 5 или 10 человек. Столь малое число смертных случаев явилось непосредственным результатом мер по эвакуации местных жителей и приезжих, которые были приняты в соответствии с предупреждением о возможном извержении.

Программы снижения ущерба от оползней и селей

Программа, разработанная в Японии, является, по всей видимости, одной из наиболее полных и широких национальных программ по снижению ущерба от оползней и обрушений [20]. На первых порах деятельность по контролю над оползнями и селями осуществлялась в рамках законодательства по улучшению состояния водных ресурсов, контроля над эрозией почвы, надзора за сельскохозяйственными и лесными угодьями. Первой программой Японии, которая была посвящена исключительно борьбе с селями и оползнями, была программа, введенная в 1958 г. под названием "Закон о предотвращении оползней".* После 1958 г. был принят ряд других правовых актов, завершением которых в 1969 г. явился "Закон о предотвращении несчастных случаев, вызываемых обрушениями" **. Этот правовой акт обеспечивает выделение государственных средств и осуществление государственного надзора в деле восстановления и компенсации ущерба в случаях, когда эту обязанность нельзя возложить на частные организации. Причем этот закон предус-

* Landslide Prevention Law

** Law for the Prevention of Disaster Caused by the Collapse of Steep Slopes

матривает не только ремонт и восстановление собственности до ее исходного состояния, но и инженерно-технические мероприятия, направленные на предотвращение подобных оползней в будущем. Согласно оценкам, ежегодные затраты на реализацию этой программы составляют около 500 млн. долл. (N. Ohhira, personal commun., 1982).

В других странах также разработаны аналогичные национальные программы. Некоторые из стран имеют базы технических данных, необходимых для выявления зон с той или иной вероятностью стихийных бедствий. Во Франции, например, существует план под названием ЗЕРМОС (Зоны, предрасположенные к обрушениям и оползням)*; в соответствии с этим планом составляются карты сейсмоопасных районов в масштабе 1:25 000 или в более крупном масштабе. На этих картах отмечена степень вероятности возникновения различных типов смещения почв и пород, а также указаны масштабы потенциальной сейсмоактивности и прогнозируемых последствий от стихийных бедствий [16]. Совсем недавно сфера действия плана ЗЕРМОС была существенно расширена. В соответствии с этим планом стали разрабатываться рекомендации по размещению и развитию промышленных и сельскохозяйственных объектов в тех или иных районах страны [31]. Уменьшить ущерб от оползней или селей могут программы страхования. Они могут компенсировать ущерб, нанесенный частной собственности, как минимум путем более широкого перераспределения бремени ущерба. Программа страхования, которая предусматривает выполнение определенных норм и требований к выбору места для строительства и архитектуре возводимых объектов, может предупредить возникновение крупного ущерба.

В Новой Зеландии национальная программа страхования оказывает реальную помощь домовладельцам, жилища которых пострадали от оползней или других стихийных бедствий, которые не могли быть предусмотрены и предотвращены самими домовладельцами. Эта программа страхования от стихийных бедствий была создана на основе Закона от 1944 г. о возмещении ущерба от землетрясений и военных действий. Фонд стихийных бедствий, который образуется путем дополнительного сбора средств по программе страхования от пожаров, в известной мере также помогает собственникам компенсировать их потери [29].

В США в соответствии с Законом от 1968 г. о жилищном строительстве и городском развитии** была разработана Национальная программа страхования от наводнений***. Поправка к этому закону, введенная в 1969 г., распространила его действие и на случай возникновения "грязевых потоков" ("mudslides"). Хотя для нас не совсем ясно, что конкретно подразумевается под термином "грязевые потоки", следует учитывать, что этот термин чаще всего используется средствами массовой информации юга Калифорнии и в местном толковании подразумевает различные виды и формы оползней, включая сели и грязевые потоки [11]. В современной формулировке статьи этого закона включают термин "грязевые потоки", которые вызываются непосредственно насыщением или излиянием поверхностных либо грунтовых вод. Страхование от этих оползней, возникающих под действием воды, должно обеспечиваться частными страховыми компаниями; однако, оно не получило широкой практики. Однако, такая страховка гарантируется и субсидируется федеральным правительством. Иные виды и формы страхования, не охваченные Национальной программой страхования от наводнений, в США не обеспечиваются.

* ZERMOS (Zones Exposed to Risks of Movements of Soils and Subsoils)

** Housing and Urban Development act.

*** National Flood Insurance Program.

3. Заключение

Нами были проиллюстрированы масштабы материального ущерба, который наносят оползни и сели в таких странах, как Япония, Италия и Соединенные Штаты Америки, убытки в каждой из которых ежегодно превышают 1 млрд. долл. Для большинства стран, к сожалению, отсутствуют достоверные данные об экономическом ущербе, возникающем в результате таких стихийных бедствий, за исключением разрозненных отчетов об отдельных катастрофах. Столь же не полной является информация о жертвах. Однако, там, где такая информация все-таки собирается и систематизируется, годовые цифры ущерба и человеческих жертв оказываются впечатляющими. В Японии, например, в период между 1967 и 1982 гг. от оползней и селей в среднем за год погибало около 150 человек, т.е. в целом больше, чем от наводнений. В Соединенных Штатах Америки аналогичные бедствия ежегодно завершались гибелью около 25 человек. Самые крупные в нынешнем столетии оползни и обрушения, которые произошли в Китае, Италии, Перу, Японии, в каждом случае стоили жизни множеству жителей этих стран. И для того, чтобы целенаправленно распределять ресурсы и планировать мероприятия по предупреждению этих явлений, необходимо незамедлительное поступление социально-экономической информации от других стран, в особенности от развивающихся.

Литература

1. Alfors J.T., Burnett J.L., Gay T.E., Jr. 1973, Urban geology—master plan for California. California Division of Mines and Geology Bulletin 198, 112 p.
2. Arnould M., 1976, Geological hazards — insurance and legal and technical aspects, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, N 14, December, p. 263–274.
3. Arnould M., Frey P., 1978, Analyses des Responses a une Enquete Internationale de L'UNESCO sur les Glissements de Terrain. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, N 17, June, p. 114–118.
4. Bolt B.A., Horn W.L., Macdonald G.A., Scott R.F., 1975, Geological hazards. Springer-Verlag, N.Y., 328 p.
5. Briggs R.P., Pomeroy J.S., Davies W.E., 1975, Landsliding in Allegheny County, Pennsylvania. U.S. Geological Survey Circular 728, 18 p.
6. Charma C.K., 1974, Landslides and soil erosion in Nepal. Sangeeta Publishers, Kathmandu, Nepal, 93 p.
7. Chassie R.G., Goughnor R.D., 1976, National highway landslide experience. Highway Focus, Federal Highway Administration, Washington, D.C., vol. 8, N 1, January, p. 1–9.
8. Chopra B.R., 1977, Landslides and other mass movements along roads in Sikkim and North Bengal. Bulletin of the Association of Engineering Geology, N 16, p. 162–166.
9. Close Upton, McCormick, Elsie, 1922, Where the mountains walked. National Geographic Magazine, vol. 41, N 5, May, p. 445–464.
10. Cluff L.S., 1971, Peru earthquake of May 31, 1970, engineering geology observations. Seismological Society of America Bulletin, vol. 61, N 3, June, p. 511–521.
11. Committee on Methodologies for Predicting Mudflow Areas (Campbell R.H., Chairman) 1982, Selecting a methodology for delineating mudslide hazard areas for the National Flood Insurance Program. Washington, D.C., National Research Council, 35 p.
12. Davies W.E., 1973, Buffalo Creek dam disaster — why it happened. Civil Engineering, American Society of Civil Engineers, vol. 43, N 7, p. 69–72.
13. Fleming R.W., Taylor F.A., 1980, Estimating the costs of landslide damage in the United States. U.S. Geological Survey Circular 832, 21 p.
14. Fukuoka M., 1982, Some case studies on landslides in Japan, Landslides and mudflows. Reports of Alma-Ata International Seminar, Alma-Ata, October 1981, UNESCO, p. 333–352.
15. Gerasimov I.P., Zvonkova T.B., 1974, Natural hazards in the territory of the USSR: study, control, and warning, White G.F., ed., Natural hazards — local, national, global. N.Y. Oxford University Press, p. 243–251.
16. Humbert M., 1977, Risk-mapping of areas exposed to movements of soil—French "ZERMOS" maps (in French with English summary). Bulletin of the International Association of Engineering Geology. N 16, December, p. 80–82.

17. Hutchinson J.N., Kojan, Eugene, 1975, The Maynmarca landslide of 25 April 1974. UNESCO Serial N 3124/RMO.RD/SCE, Paris, February 1975, 23 p.
18. Jahns R.H., 1978, Landslides, Geophysical predictions. Washington, D.C., National Academy of Science, p. 58-65.
19. Japan Ministry of Construction, 1983, Reference manual on erosion control works (in Japanese). Erosion Control Department, 386 p.
20. Japan Society of Landslide, 1980, Landslides in Japan. National Conference of Landslide Control, 44 p.
21. Jaroff, Leon. 1977, Forecasting the earth's convulsions, Nature/Science Annual, 1977, Edition. Time-Life Books, N.Y., p. 21-33.
22. Jones F.O., 1973, Landslides of Rio-de-Janeiro and the Serra das Araras escarpment, Brazil. U.S. Geological Survey Professional Paper 697, 42 p.
23. Kiersch G.A., 1964, Vaiont Reservoir disaster. Civil Engineering, American Society of Civil Engineers, vol. 34, N 3, 1964, p. 32-39.
24. Krohn J.P., Slosson J.E., 1976, Landslide potential in the United States. California Geology, vol. 29, N 10, October, p. 224-231.
25. Marinatos S.N., 1960, Helice: a submerged town of classical Greece. Archaeology, Archaeological Institute of America, vol. 13, N 3, p. 186-193.
26. Mathur H.N., 1982, Influence of human activities on landslides, mudflows and slope movements in India and efforts et reducing their negative impact, Landslides and mudflows. Reports of Alma-Ata International Seminar, Alma-Ata, October 1981, UNESCO, p. 20-44.
27. McConnell R.G., Brock R.W., 1904, The great landslide at Frank, Alberta, Annual Report of the Canada Department of the Interior for the year 1902-03. Session Paper 25, p. 1-17.
28. Nakano T., Kadomura H., Mizutani T., Okuda M., Sekiguchi T., 1974, Natural hazards, report from Japan, White G.F., ed, Natural hazards - local, national, global. Oxford University Press, N.Y., Chapter 28, p. 231-243.
29. O'Riordan, Timothy, 1974, The New Zealand natural hazard insurance scheme: application to North America, White G.F., ed, Natural hazards-local, national, global, Oxford University Press, N.Y., p. 217-219.
30. Plafker George, Erickson G.E., Fernandez Concha, Jaime, 1971, Geological aspects of the May 31, 1970. Peru earthquake. Seismological Society of America, Bulletin, vol. 61, N 3, June, p. 543-578.
31. Porcher M., Guillope P., 1979, Cartographie des risques ZERMOS appliquée à des plans d'occupation des sols en Normandie (Introduction par Gaudemer Ph. et Le Campion M.). Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, Bulletin de liaison, N 99, p. 43-54.
32. Sanjines A.G., 1948, Sintesis historica de la vida de la Ciudad, 1548-1948. Primer Premio de la Alcaldia, La Paz, Bolivia, 86 p.
33. Schuster R.L., 1978, Introduction, Chapter 2, Schuster R.L., Krizek R.J., eds, Landslides-analysis and control. Transportation Research Board Special Report 176. Washington, D.C., National Academy of Sciences, p. 1-10.
34. Shuster R., 1981, Effects of the eruptions on civil works and operations in the Pacific Northwest, Lipman P.W., and Mullineaux D.R., eds, The 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington. U.S. Geological Survey Professional Paper 1250, p. 701-718.
35. Seed H.B., 1968, Landslides during earthquakes due to soil liquefaction. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers, vol. 94, N SM5, September, p. 1055-1122.
36. Slosson J.E., Kronn J.P., 1982, Southern California landslides of 1978 and 1980. Storms, floods and debris flows in southern California and Arizona, 1978 and 1980. Proceedings of a Symposium, National Research Council, Environmental Quality Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, September 17-18, 1980. Washington D.C., National Academy Press, p. 291-319.
37. Smith, Rockwell, 1958, Economic and legal aspects, Eckel E.B., ed. Landslides and engineering practice. Highway Research Board Special Report 29, National Academy of Sciences. Washington, D.C., National Research Council Publ. 54, p. 6-19.
38. Smith T.C., Hart E.W., 1982, Landslides and related storm damage-January 1982, San Francisco Bay region. California Geology, vol. 35, N 7, p. 139-152.

39. Tavenas F., Chagnon J.Y., LaRoche P., 1971, The Saint-Jean-Vianney landslide—observations and eyewitness accounts. *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 8, N 3, p. 463–478.
40. Varnes D.J., 1981, Slope-stability problems of the Circum-Pacific Region as related to mineral and energy resources, Halbouty M.T., ed, *Energy resources of the Pacific region*. American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology, N 12, p. 489–505.
41. Voight Barry, Glicken, Harry, Janda R.J., Douglass P.M., 1981, Catastrophic rockslide avalanche of May 18, Lipman P.W., and Mullineadx D.R., eds, *The 1980 eruptions of Mount St. Helens*. Washington. U.S. Geological Survey Professional Paper 1250, p. 347–377.
42. Wesson C.V.K., Wesson R.L., 1975, Odyssey to Tadzhik – an American family joins a Soviet seismological expedition. U.S. Geological Survey Earthquake Information Bulletin, vol. 7, N 1, January–February, p. 8–16.
43. Williams G.P., Guy H.P., 1973, Erosional and depositional aspects of Hurricane Camille in Virginia, 1969. U.S. Geological Survey Professional Paper 804, 80 p.
44. Yesenov Y.E., Degovets A.S., 1982, Protection of the city of Alma-Ata from mud-rock flows, Landslides and mudflows. Reports of Alma-Ata International Seminar, Alma-Ata, October 1981, UNESCO, p. 454–465.
45. Youd T.L., 1978, Major cause of earthquake damage is ground failure. *Civil Engineering*, American Society of Civil Engineers, vol. 48, N 4, April, p. 47–51.

Оползни и сели, широко распространенные на Земле стихийные бедствия во многих странах наносят огромный ущерб и нередко бывают причиной гибели людей. Несмотря на то, что оползни и сели могут развиваться вне зависимости от техногенных воздействий, деятельность человека может существенно влиять на естественный ход их развития.

Оползни и сели (как и другие экзогенные геологические процессы), с точки зрения системного подхода, — это результат взаимодействия большого числа факторов (геологическое строение, рельеф, климатические, гидрогеологические и гидрологические условия, почвы, растительность, техногенное воздействие) в открытой, эквифинальной системе, в которой конкретное проявление процесса может рассматриваться как результирующее действие всей системы. Все факторы в этой сложной системе можно подразделить на три основные группы: постоянные, медленноизменяющиеся и быстроизменяющиеся. Постоянные факторы (геологическое строение, рельеф), которые на срок прогноза можно считать практически неизменяющимися, определяют генетические особенности оползней, селей и интенсивность их проявления. Среди медленноизменяющихся факторов следует различать независимые (современные тектонические движения, климат) и зависимые, или производные от первых (гидрогеологические условия, растительность, почвы и др.). Факторы этой группы определяют общую тенденцию развития оползней и селей. Быстроизменяющиеся факторы также составляют две подгруппы: независимые (гидрометеорологические условия, температура, волнение, техногенное воздействие и т.д.) и зависимые (влажность горных пород, прочностные и деформационные свойства их и др.), которые определяют режим активизации оползней и селей. Действие независимых факторов происходит через зависимые, производные факторы.

Факторы первых двух групп являются основой пространственных прогнозов, а на основе факторов третьей группы разрабатываются прогнозы развития оползней и селей во времени. Анализ временных рядов развития оползней и селей, а также быстроизменяющихся независимых факторов позволил выявить цикличность в их развитии и корреляционные связи между проявлением оползней и селей, с одной стороны, и факторами, их определяющими, — с другой. Установлено наличие существенных связей проявления оползней и селей с солнечной активностью.

Разработаны методологические основы регионального и локального изучения оползней и селей, а также система мониторинга этих процессов, которая включает три подсистемы: подготовительных работ, наблюдений и прогноза. Осуществление мониторинга обеспечивает наиболее полное целенаправленное изучение оползней, селей, а также факторов, их обуславливающих. Изучение режима оползней и селей должно проводиться как в региональном, так и локальном аспектах. Разработаны принципы создания опорной режимной сети, которая включает участки трех категорий. Участки первых двух категорий предусматривают изучение регионального режима, а участки третьей категории предназначены для изучения природы и механизма процессов.

Применение фитоиндикационных методов позволяет по растительности восстанавливать ряды проявления оползней и селей, а также факторов, их определяющих. Это открывает возможность составлять долговременные региональные прогнозы оползней, селей и других экзогенных геологических процессов для районов, где отсутствуют ряды наблюдений за проявлением экзогенных геологических процессов и имеются лишь короткие ряды наблюдений за гидрометеорологическими факторами. При этом, если учесть, что изучение режима оползней и селей во всех странах мира пока находится на уровне, который не может удовлетворить интересы рационального использования территории и обеспечить бе-

зопасность проживания людей в районах с интенсивным проявлением этих и других экзогенных геологических процессов, то нельзя переоценить значение фитоиндикационных методов в разработке долговременных региональных прогнозов оползней и селей. Это подтверждается опытом работы советских исследователей в зоне Байкало-Амурской магистрали. В связи с этим одной из важнейших задач в области разработки теории и методов долговременных прогнозов экзогенных геологических процессов следует считать совершенствование фитоиндикационных методов изучения метеорологических условий. Успех в разработке теоретических основ и методов прогноза оползней и селей в СССР был обеспечен также и тем, что советские ученые при экстраполяции метеорологических условий использовали типизации макроформ атмосферной циркуляции Вангенгейма-Гирса и Дзердзеевского, которые достаточно хорошо коррелируются с солнечной активностью.

Под прогнозом следует понимать научное предсказание, основанное на закономерностях распространения и развития экзогенных геологических процессов, места, времени, мощности и характера их проявления, а также оценку подверженности территории и хозяйственных объектов воздействию этих процессов. В зависимости от решаемых задач, целесообразно различать следующие составные части прогноза, которые могут рассматриваться как самостоятельные виды прогнозов: а) пространственную; б) временную; в) оценку мощности и характера проявления геологического процесса.

При изучении закономерностей формирования оползней и селей применяется широкий комплекс современных методов: аэрокосмических, геофизических и ядерно-изотопных.

Аэрокосмические методы позволяют получать полную информацию о распространении и размерах проявления оползней и селей. Разработанные в последние годы во Всесоюзном научно-исследовательском институте гидрогеологии и инженерной геологии сейсмические, гравитационные, магнитометрические, радиоизотопные методы позволяют получать информацию, на основе которой выявлены особенности развития оползневых процессов, которые другими методами установить нельзя.

Разработана схема определения физико-механических свойств горных пород при изучении селей и оползней, изложены особенности определения показателей физико-механических свойств пород, содержащих в своем составе большое количество крупнообломочных включений.

Изложены методологические основы комплексных схем защиты территории и хозяйственных объектов от оползней и селей. При планировании защиты территории от геологических процессов на предпроектных стадиях целесообразно составлять следующие схемы: генеральные (региональные), специальные и детальные. Генеральные схемы защиты от оползней и селей составляются для крупных административных районов, а региональные — для крупных физико-географических регионов. Специальные схемы могут разрабатываться по двум принципам: а) защиты хозяйственных объектов от всей совокупности экзогенных геологических процессов; б) защиты территории от геологического процесса какого-нибудь одного генетического типа. Детальные схемы разрабатываются в ходе составления генеральных планов городов и крупных промышленных узлов. Конечным этапом является разработка проектов защиты от оползней и селей. В проектах предусматриваются типы сооружений, их конструкции и размеры, технология осуществления этих мероприятий применительно к конкретному объекту.

Разработанные теоретические основы и методы изучения и прогноза с соответствующей корректировкой могут быть применены к другим экзогенным геологическим процессам в разных государствах мира. Изложенные в данной монографии теоретические и методические положения изучения и прогноза оползней и селей окажут существенную помощь в организации службы прогнозов во всех странах, и, прежде всего, в развивающихся странах.

Основными задачами, на решение которых должны быть направлены объединенные усилия инженеров-геологов всего мира, являются следующие:

- а) дальнейшее совершенствование методов изучения и прогноза экзогенных геологических процессов;
- б) разработка теории экзогенных геологических процессов (экзогеодинамики);
- в) создание всемирной системы мониторинга экзогенных геологических процессов, включая службу прогнозов и предупреждения этих процессов; для решения этой задачи целесообразно в рамках ЮНЕСКО организовать проведение Международного десятилетия

экзогенных геологических процессов и охраны литосферы как компонента окружающей среды;

г) организация при ЮНЕСКО постоянно действующих международных курсов по экзогенным геологическим процессам для обмена опытом и повышения квалификации специалистов из развивающихся стран;

д) разработка методического руководства по инженерно-геологическому обследованию населенных пунктов и других хозяйственных объектов и оценка их подверженности воздействию экзогенных геологических процессов, подобно той, которая сделана в Советском Союзе; это позволит заблаговременно предпринять меры по ослаблению последствий катастрофического проявления геологических процессов и предотвратить гибель людей.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ <i>Шеко А.И. (СССР)</i>	3
ЧАСТЬ I. ИЗУЧЕНИЕ И ПРОГНОЗ ОПОЛЗНЕЙ И СЕЛЕЙ	
Глава 1. Опыт регионального изучения оползней и селей на территории Грузии. <i>Э. Д. Церетели (СССР)</i>	6
Глава 2. Опыт регионального исследования состояния плотин горных озер Средней Азии и характер формирования прорывных селей. <i>В. П. Пушкаренко, А. М. Никитин (СССР)</i>	17
Глава 3. Оползни и селевые потоки в почвоеловии. <i>Р. К. Бандари (Индия)</i>	33
Глава 4. Инженерно-геологическое обследование территории Таджикской ССР в связи с массовым проявлением оползней, селей и других экзогенных геологических процессов. <i>А. И. Шеко, М. М. Максимов, А. М. Лехатинов (СССР)</i>	47
Глава 5. Опыт организации службы наблюдения и оповещения в Узбекской ССР. <i>Р. А. Ниязов (СССР)</i>	51
Глава 6. Долговременные региональные прогнозы оползней и селей на Черноморском побережье СССР. <i>А. И. Шеко, В. С. Круподеров (СССР)</i>	54
Глава 7. Прогнозирование оползневых процессов в Узбекистане. <i>Р. А. Ниязов (СССР)</i>	66
ЧАСТЬ II. ЗАЩИТА ОТ ОПОЛЗНЕЙ И СЕЛЕЙ	
Глава 8. Предупреждение оползней в чувствительных глинах. <i>Пьер Ла Рошель (Канада)</i>	72
Глава 9. Противооползневая защита г. Сочи. <i>В. И. Ворошилов, Н. Н. Федоровский (СССР)</i>	83
Глава 10. Защита г. Одессы от оползней. <i>И. П. Зелинский, Ю. Г. Баладин (СССР)</i>	87
Глава 11. Противооползневая защита г. Ульяновска. <i>И. О. Тихвинский (СССР)</i>	98
Глава 12. Особенности защиты от селей в Узбекистане. <i>Р. Г. Вафин, В. П. Пушкаренко (СССР)</i>	102
Глава 13. Защита г. Алма-Аты от селей. <i>А. П. Анищенко, А. С. Деговец, У. К. Караманов, А. Ю. Хегай (СССР)</i>	108
Глава 14. Селевые потоки в Китае и меры борьбы с ними. <i>Ду Рон Хуан, Джоу Бифан (КНР)</i>	118
Глава 15. Защита дорог и линейных сооружений от оползней во Франции. <i>Ж. Пило, Ж. Картье (Франция)</i>	130
Глава 16. Защита от оползней и эрозии в Новой Зеландии. <i>А. Пирс (Новая Зеландия)</i>	147
Глава 17. Противооползневые мероприятия в Японии. <i>М. Фукуока (Япония)</i>	155
Глава 18. Селезащита в районе Лос-Анджелеса. <i>Р. Шустер, Р. Кэмпбелл (США)</i>	170
Глава 19. Оползни в Гималаях и средства защиты. <i>Р. К. Бандари (Индия)</i>	183
ЧАСТЬ III. ЮРИДИЧЕСКИЕ И АДМИНИСТРАТИВНЫЕ АСПЕКТЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОПОЛЗНЯМИ И СЕЛЯМИ	
Глава 20. Основные законы и ограничения во Франции в связи с проявлением оползней и селей. <i>М. Арну (Франция)</i>	207
Глава 21. Административные и юридические аспекты, связанные с оползнями и селями в штате Калифорния. <i>Р. Шустер, Б. Лейтон (США)</i>	211
Глава 22. Планирование землепользования в целях сокращения убытков от оползней и селей. <i>Р. Шустер (США)</i>	222
Глава 23. Социально-экономические последствия оползней и селей. <i>Р. Шустер (США)</i>	228
ЗАКЛЮЧЕНИЕ <i>А. И. Шеко</i>	246

ОПОЛЗНИ И СЕЛИ

том 2

Технический редактор М.В. Чумак Корректор Т.Н. Золотарева

Сдано в набор 10.07.84

Подписано в печать 17.05.84

Формат 60 × 84 1/8

Печать офсетная

Усл.печ.л. 29,29

Усл.кр.-отт. 29,79 Уч.-изд.л. 25,94

Тир. 1700 экз.

Зак. 5387

Производственно-издательский комбинат ВИНТИ

140010, Люберцы 10, Московской обл., Октябрьский проспект, 403

4685