МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ТЕРРИТОРИИ МОЛДАВСКОЙ ССР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

МОСКВА 1983

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ТЕРРИТОРИИ МОЛДАВСКОЙ ССР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Утверждены зам.директора
Союздорнии Ю.Л.Мотылевым

Одобрены Минавтодором МССР
(письмо №06-27-87 от 6.02.1979г.)

МОСКВА 1983

УДК 625.731.1.001.2(478.9)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ТЕРРИТОРИИ МОЛДАВСКОЙ ССР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ). Союздорнии. М., 1983.

Определяют общие и наиболее характерные условия проектирования и строительства автомобильных дорог в различных инженерно-геологических районах республики. Содержат основные принципы инженерно-геологической оценки для целей дорожного строительства.

Рассмотрены принципы проложения трассы дороги в сложных условиях МССР, выбора участков индивидуального проектирования, состав и объем инженерных изысканий, составление расчетных схем для оценки устойчивости склонов и откосов. Приведена схема инженерно-геологического районирования территории республики; даны геоморфологические карты, а также карты распространения на территории МССР оползней и оврагов.

В приложениях дана подробная характеристика инженерно-геологических районов и подрайонов, а также основные формы нарушения склонов и откосов.

Рис. 5, табл. 2.

© Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт, 1983.

УДК 625.731.1.001.2(478.9)

Предисловие

"Методические рекомендации по инженерно-геологической оценке территории Молдавской ССР при проектировании и строительстве земляного полотна автомобильных дорог" содержат основные принципы инженерно-геологической оценки территории Молдавской ССР для целей дорожного строительства, в том числе для инженерно-геологического районирования. Приведена схема инженерно-геологического районирования территории и краткая характеристика выделенных районов и подрайонов.

Рассмотрены основные принципы инженерно-геологической оценки при проектировании земляного полотна для строительства в сложных условиях.

Настоящие "Методические рекомендации" предназначены для использования дорожными проектными и строительными организациями, работающими на территории Молдавской ССР. Применение указанных "Методических рекомендаций" позволит повысить качество и надежность проектирования и строительства земляного полотна автомобильных дорог в оползневых районах, значительно снизить трудозатраты при проведении инженерных изысканий (10-20%), повысить эффективность назначения противооползневых конструкций.

Работа выполнена в Союздорнии и Академии наук Молдавской ССР с участием Молдгипроавтодора, Комратской гидрогеологической партии согласно договору с Минавтодором МССР.

"Методические рекомендации" разработали: от Союздорнии - канд. геол.-минер. наук Н.С. Бирюков, инж.

Ю.М.Львович при участии инженеров Л.И.Семендяева, Б.В.Полонского, от АН МССР–канд.геогр.наук А.Т.Левадюк, от Гипродорнии – инж. Ю.С.Карих.

В полевых работах принимали участие сотрудники Молдгипроавтодора (группа обеспечения устойчивости земляного полотна инженерно-геологического отдела).

Предложения и замечания по данной работе просьба направлять по адресу: 143900, Московская обл., Балашиха-6, ш.Энтузиастов, 79, Союздорнии.

I. Общие положения и основные понятия

1.1. Настоящие "Методические рекомендации" устанавливают принципы и состав инженерно-геологической оценки при инженерно-геологических изысканиях, проектировании и строительстве земляного полотна автомобильных дорог. При этом в "Методических рекомендациях" приводятся наряду с общими принципами и методами инженерно-геологической оценки территории как геологической среды, которой предстоит взаимодействовать с линейным комплексом взаимоувязанных между собой земляных сооружений, специальные и частные принципы, касающиеся оценки устойчивости отдельных инженерно-геологических элементов конкретного района территории Молдавской ССР или конструктивных элементов земляного полотна при его индивидуальном проектировании.

1.2. Оценка геологических условий территории, необходимая при проектировании, проводится на основе анализа основных природных факторов, определяющих эти условия: характера горных пород, слагающих территорию (типов грунтовых толщ), характера рельефа и проявляющихся в рельефе современных экзогенных физико-геологических процессов и гидрогеологических особенностей территории (см.прил.1).

1.3. Под грунтовой толщей понимают толщу горных пород (независимо от их возраста и генезиса), слагающих верхнюю (до глубины 15-20 м) часть разреза различных геоморфологических элементов, которые могут находиться в зоне возможной инженерно-строительной деятельности. Грунтовые толщи могут быть сложены: породами с относительно однородными геотехнически -

ми свойствами, в частности такими, как характер связей между слагающими породу частицами, литологические особенности (состав, структура и текстура), консистенция и т.д.; переслаивающимися породами, резко различающимися между собой. В первом случае - это простые типы грунтовых толщ, сложенные породами без жестких связей (глинистыми, песчаными и т.п.) или породами с жесткими связями (известняками, песчаниками и т.д.), называемые соответственно глинистыми, песчаными, известняковыми грунтовыми толщами и т.д.; во втором случае - это сложные типы грунтовых толщ, в сложении которых участвуют различные по дисперсности породы - без жестких связей и с жесткими связями, называемые преимущественно глинистые, преимущественно песчаные, преимущественно гравийные (щебенистые), а также преимущественно глинистые или преимущественно песчаные и другие типы грунтовых толщ с известняками или другими породами (с жесткими связями) в основании. В связи с этим выделение типов грунтовых толщ основано на процентном соотношении петрографических типов пород в верхней части геологического разреза. К преимущественно глинистым типам толщ относятся толщи, в которых суммарная мощность глинистых пород не менее 50%. К преимущественно песчаным и соответственно другим типам грунтовых толщ относятся толщи, в которых песков или других петрографических типов пород более 50%.

1.4. Оценку рельефа, а также проявления в нем экзогенных физико-геологических процессов осуществляют на основе анализа следующих геоморфологических показателей:

глубины вертикального древнеэрозионного расчленения поверхности территории (м);

густоты горизонтального древнеэрозионного расчле-

нения поверхности территории (отношение общей протяженности тальвегов, долин, балок, ложбин к площади выделов), выражаемой в км/км^2;

частоты развития оползней и оврагов, определяемой величиной отношения общего количества их к площади выдела, т.е. количества их на 1 км^2.

Первые два показателя (глубина и густота расчленения поверхности) характеризуют стабильность геоморфологических условий строительства, а последний (частота развития оползней и оврагов) - динамическое состояние территории и предопределяет необходимость предусматривать в проекте комплекс защитных мероприятий при строительстве автомобильных дорог.

1.5. Предварительная оценка территории в предполагаемых пределах полосы проложения трассы автомобильной дороги на местности должна основываться на данных инженерно-геологической и геоморфологической информации, отображаемой на специальных картах. На основе полученной информации устанавливают возможные варианты размещения трассы дороги на местности, а также объем и структуру инженерных изысканий для получения исходных количественных данных, необходимых при индивидуальном проектировании, для расчета устойчивости откосов земляного полотна автомобильных дорог, естественных склонов, прогноза изменения геологической среды в процессе строительства и эксплуатации автомобильной дороги.

На основе прогноза устанавливают:

вероятность возникновения и характер развития физико-геологических процессов при взаимодействии наиболее сложных участков земляного полотна автомобильной дороги с геологической средой;

развитие выявленных физико-геологических процессов и их динамику;

изменение напряженного состояния склона (откоса), а также его температурного и водного режимов.

1.6. Ширину полосы проложения трассы дороги для предварительной инженерно-геологической оценки территории следует устанавливать с учетом возможного размещения ее отдельных участков в системе взаимосвязанных элементов рельефа. При прохождении трассы только по склону ширина полосы будет равна длине этого склона; по водоразделу - ширине водораздела и длине примыкающих к нему справа и слева склонов, способных при развитии физико-геологических процессов повлиять на устойчивость водораздела; по днищам долин и балок, а также гыртопов - ширине водосборного бассейна, являющегося единой морфосистемой, развитие которой во многом предопределяет условия строительства и последующей эксплуатации автомобильной дороги.

1.7. Объем инженерно-геологических изысканий устанавливается в необходимых размерах для анализа и решения следующих задач:

составления и изучения геологических разрезов склонов, будущих участков земляного полотна в глубоких выемках, карьеров и резервов;

определения физико-механических свойств грунтов, слагающих грунтовые толщи, их водного и температурного режимов;

составления расчетной схемы для оценки устойчивости откосов глубоких выемок, естественных склонов, в том числе в качестве оснований будущих насыпей;

определения механизма оползня, причин и факторов его образования и активизации;

установления расчетных и обобщенных показателей физико-механических свойств грунтов, слагающих грунтовые толщи, применительно к выделенным инженерно-геологическим элементам в районе проложения трассы дороги.

1.8. Под расчетным элементом следует понимать

инженерно-геологический элемент (или их группу), выделяемый по характеру воздействия на них проектируемого линейного земляного сооружения и по условиям работы в качестве оснований высоких насыпей; среды, где необходимо осуществить врезку для глубоких выемок; оползневых массивов при различном расположении на них или в сфере их взаимодействия с дорогой конструкций земляного полотна.

1.9. Соотношение в пространстве расчетных элементов (в пределах полосы проложения варианта трассы автомобильной дороги) определяет общую структуру пространственной расчетной схемы, предназначенной для оценки устойчивости откосных частей земляных сооружений, естественных склонов, в том числе оползневых, а также при их взаимной комбинации между собой. Общая расчетная схема должна позволить в комплексе количественно оценить физико-геологические процессы на склонах данного района или подрайона, установить общую закономерность вероятного развития деформаций на откосах земляного полотна, а также обосновать выбор удерживающих и защитных мероприятий, в том числе и для защиты геологической среды от воздействия проектируемых сооружений.

1.10. На основе общей расчетной схемы с учетом интерпретации данных инженерно-геологической информации конкретного инженерно-геологического района или подрайона территории (прил.1) устанавливают необходимый объем подробных инженерно-геологических изысканий для объектов индивидуального проектирования с учетом предполагаемого комплекса противооползневых мероприятий и границ размещения их на местности.

2. Основные особенности инженерно-геологических условий территории Молдавской ССР

2.1. При оценке инженерно-геологических условий территории целесообразно в первую очередь проанализировать геоморфологические особенности полосы проложения трассы автомобильной дороги с учетом прилегающих к ней характерных участков местности.

2.2. Оценивать особенности геоморфологического строения полосы проложения трассы дороги необходимо с учетом общих черт современного рельефа территории (рис.1 и 2) и проявления в рельефе современных физико-геологических процессов (рис.3 и 4).

2.3. При оценке геологического строения следует учитывать в основном отложения неоген-четвертичного возраста (см.таблицу), залегающие в самой верхней части верхнего геоструктурного яруса, которая попадает в зону активного воздействия инженерных сооружений, в частности земляного полотна автомобильных дорог.

2.4. Гидрогеологические особенности территории МССР следует оценивать в пределах осадочной толщи, сложенной в миоцен-плиоценовое и четвертичное время перемежающимися слоями пород с различной водопроницаемостью.

2.5. При оценке климатических условий территории, на которой проектируется трасса автомобильной дороги, необходимо учитывать следующие расчетные данные, характерные для Молдавии: среднегодовая температура июля 19,5°С на севере и 22° на юге (максимум 41°); января - соответственно минус 5 и минус 3°С (абсолютный минимум минус 36°). Зима с частыми оттепелями; число дней со снежным покровом

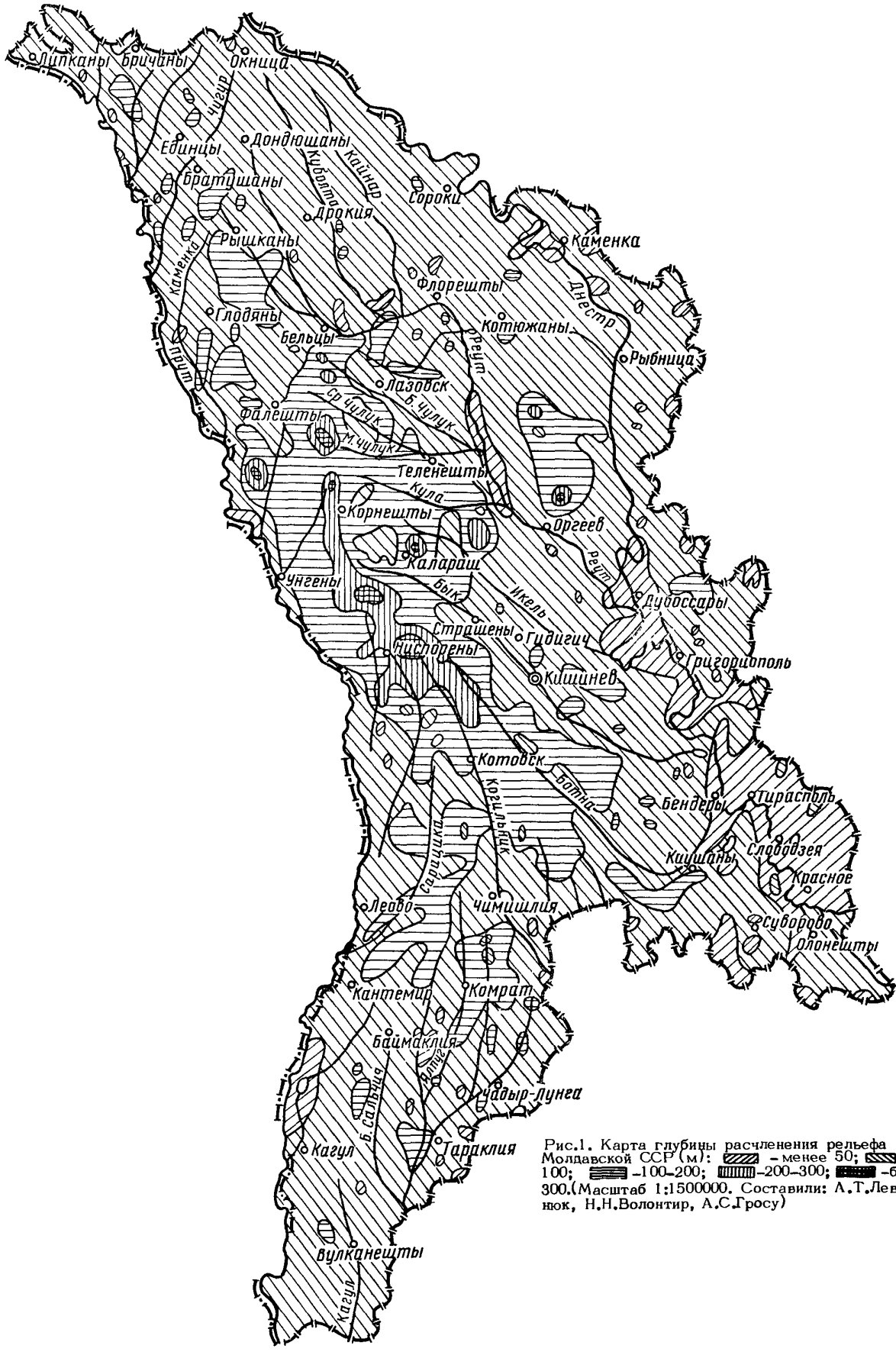

Рис.1. Карта глубины расчленения рельефа Молдавской ССР (м): – менее 50; –50–100; –100–200; –200–300; –более 300. (Масштаб 1:1500000. Составили: А.Т.Левад – нюк, Н.Н.Волонтир, А.С.Гросу)

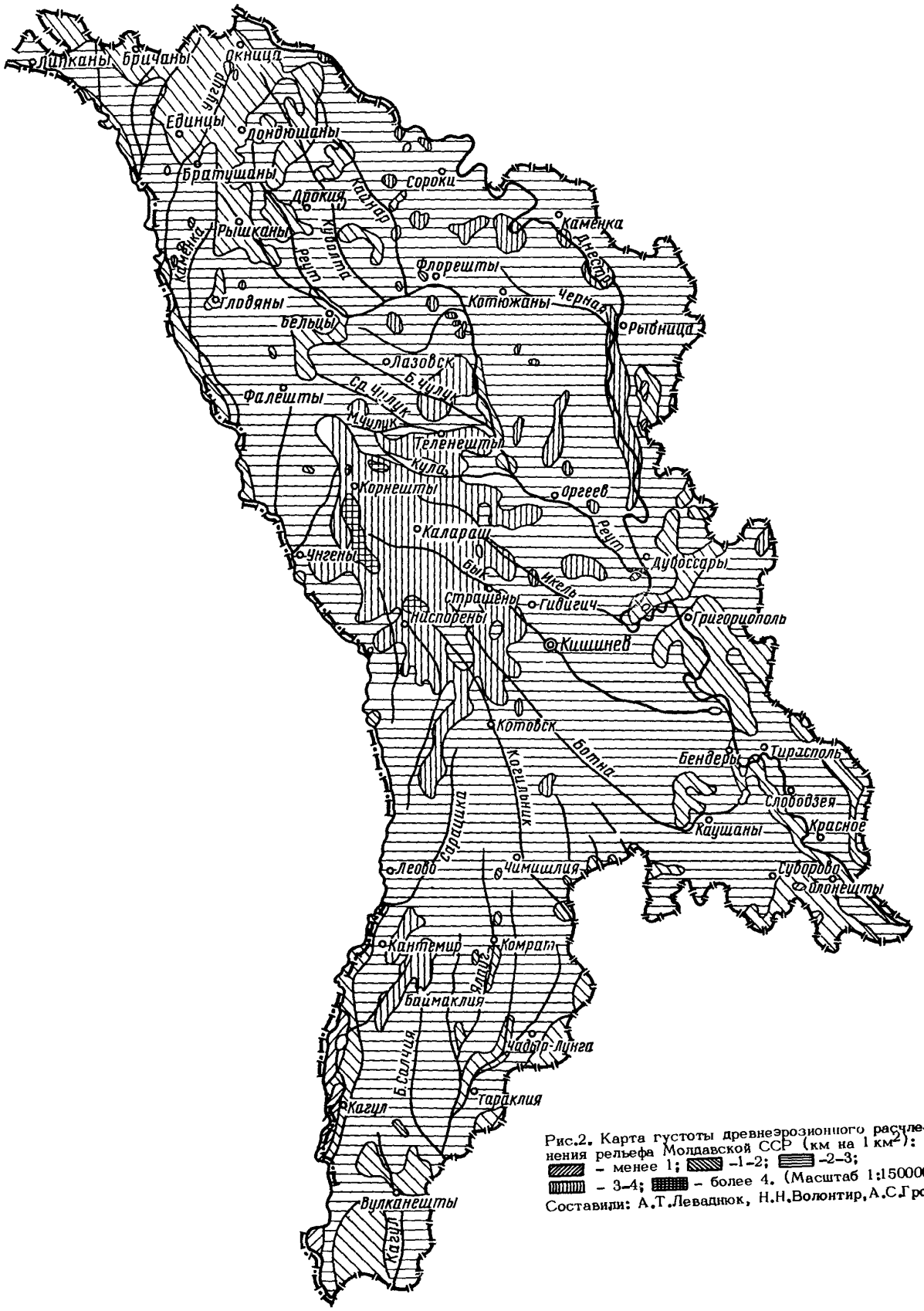

Рис.2. Карта густоты древнеэрозионного расчленения рельефа Молдавской ССР (км на 1 км^2): – менее 1; –1–2; –2–3; – 3–4; – более 4. (Масштаб 1:1500000. Составили: А.Т.Леваднюк, Н.Н.Волонтир, А.С.Гросу)

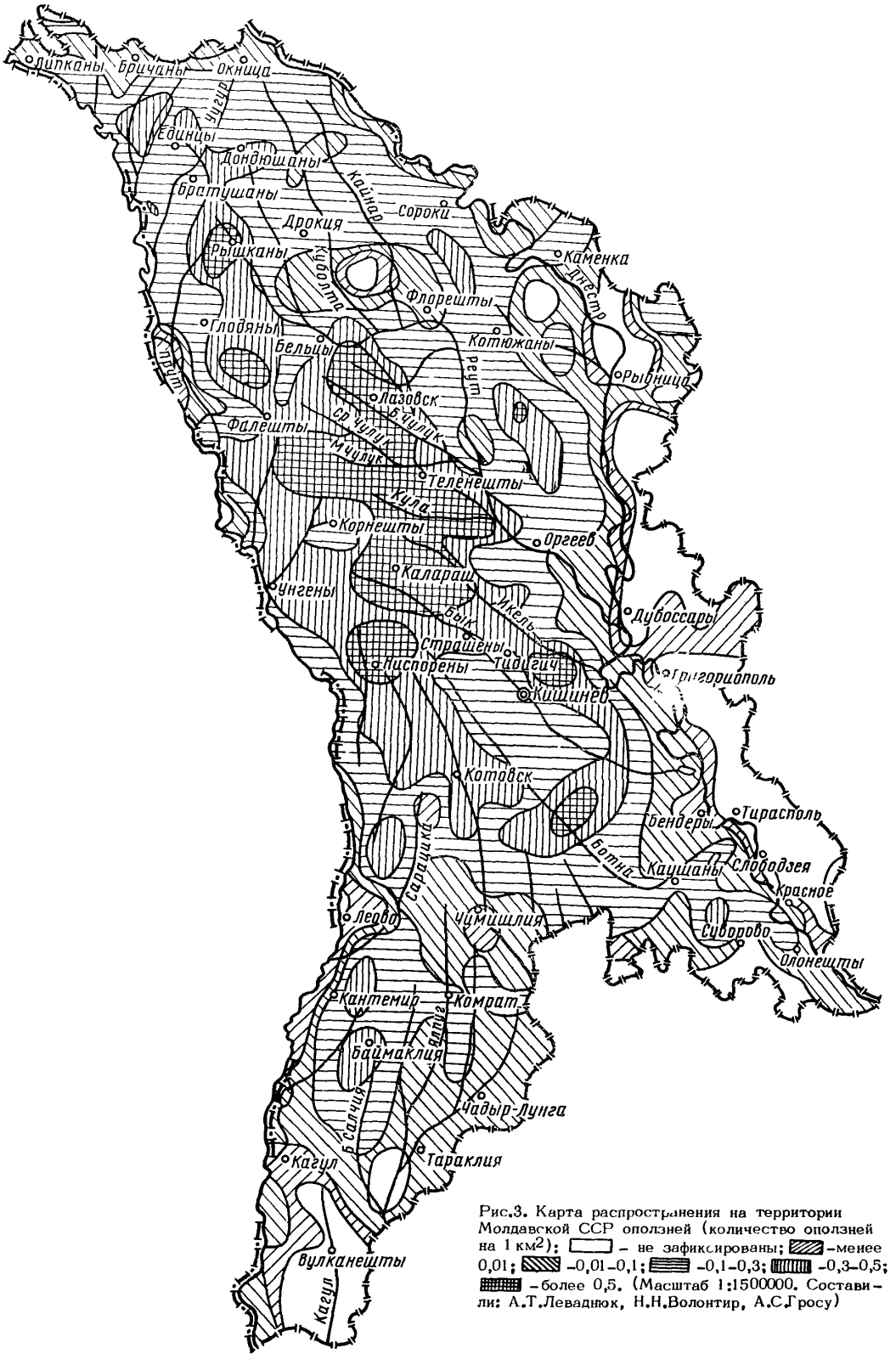

Рис.3. Карта распространения на территории Молдавской ССР оползней (количество оползней на 1 км^2): ▭ – не зафиксированы; ▨ – менее 0,01; ▨ – 0,01–0,1; ▨ – 0,1–0,3; ▨ – 0,3–0,5; ▨ – более 0,5. (Масштаб 1:1500000. Составили: А.Т.Леваднюк, Н.Н.Волонтир, А.С.Гросу)

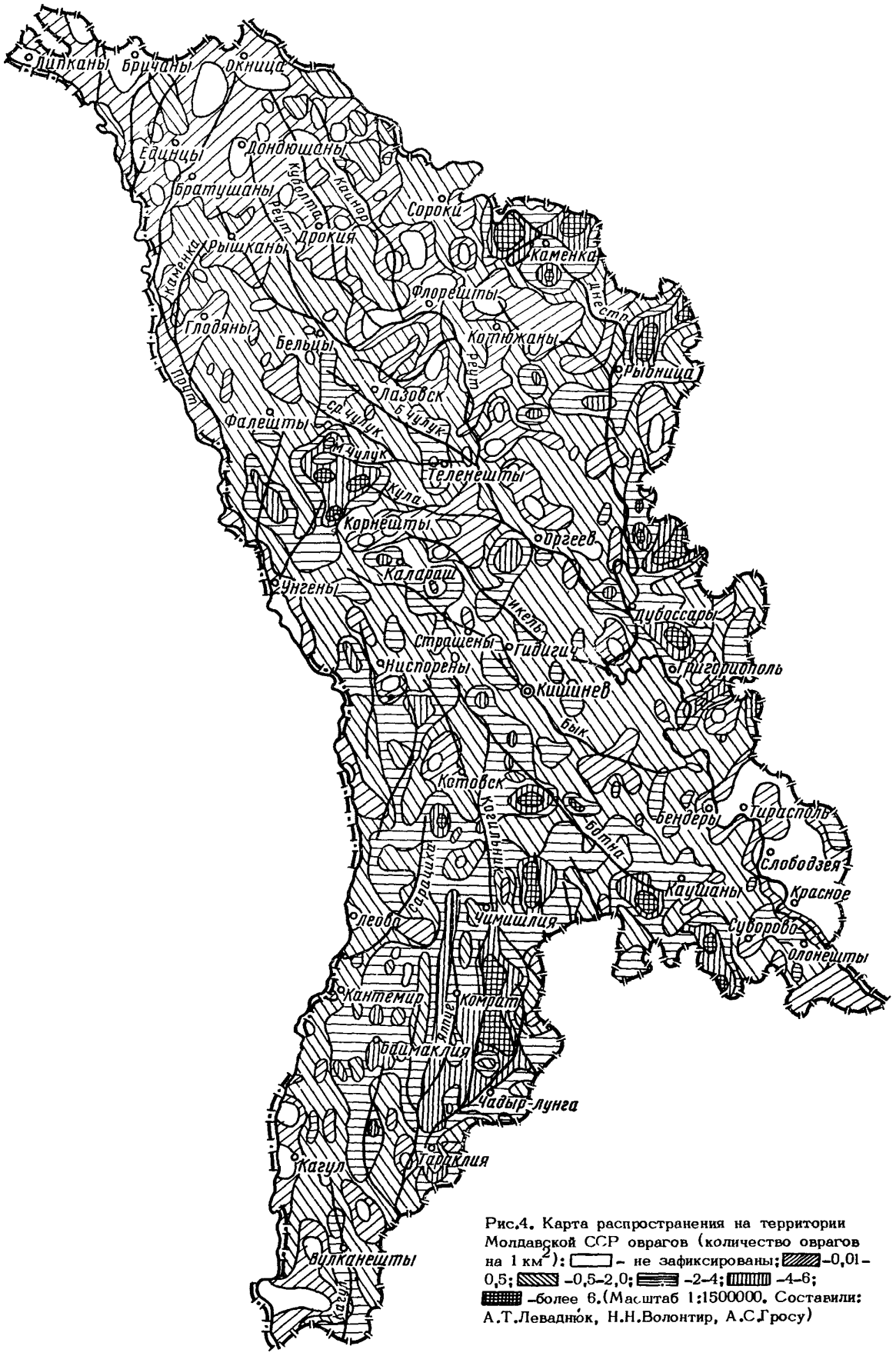

Рис.4. Карта распространения на территории Молдавской ССР оврагов (количество оврагов на 1 км^2): ▭ – не зафиксированы; ▨ –0,01–0,5; ▧ –0,5–2,0; ▤ –2–4; ▥ –4–6; ▦ –более 6. (Масштаб 1:1500000. Составили: А.Т.Левадньок, Н.Н.Волонтир, А.С.Гросу)

Сводная стратиграфическая схема неоген-четвертичных отложений территории Молдавской ССР

Отдел, ярус, подъярус	Петрографические типы пород	Мощность, м
	Четвертичный период Q	
Современный отдел Q_4	Супеси, суглинки, глины, пески, гравий и галечники	0,2-12
Верхний и средний отделы Q_2-Q_3	Лессовидные суглинки, речные пески и галечники, слоистые суглинки и супеси, глины	0-22
Нижний отдел Q_1	Зеленовато-серые пятнистые бесструктурные глины с прослойками песков и ракушечников. Пески и галечники древних террас. Краснобурые загипсованные суглинки.	0,1-30
	Неогеновый период N	
Плиоценовый отдел N_2		
Верхний плиоцен N_2^3	Глины тонкослоистые и бесструктурные супеси и суглинки, галечники и гравий, пески с прослойками ракушечника, содержащего местами гальку кварцитов, сланцев и др.	До 20
Средний плиоцен N_2^2	Галечники, гравий, пески, глины и суглинки	До 20

Продолжение таблицы

Отдел, ярус, подъярус	Петрографические типы пород	Мощность, м
Нижний плиоцен N_2^1	Глины и пески с подчиненными прослойками известняков-ракушечников, мергели и редко конгломераты	5-80
Миоценовый отдел N_1		
Меотический ярус N_1m	Глины с прослойками тонкозернистых песков, косослоистые пески с прослойками галечников	До 100
Верхнесарматский подъярус N_1S_3	Глины с прослойками песков и редко с известняком	10-150
Среднесарматский подъярус N_1S_2	В верхней части глины с прослойками песчаников, песков и известняков; в нижней - известняки, мергели, известняковистые глины	10-350
Нижнесарматский подъярус N_1S_1	Известняки, глины, мергели, пески, разные песчаники и конгломераты	9-70
Тортонский ярус N_1t	Известняки, мергели, глины, пески, песчаники	До 75

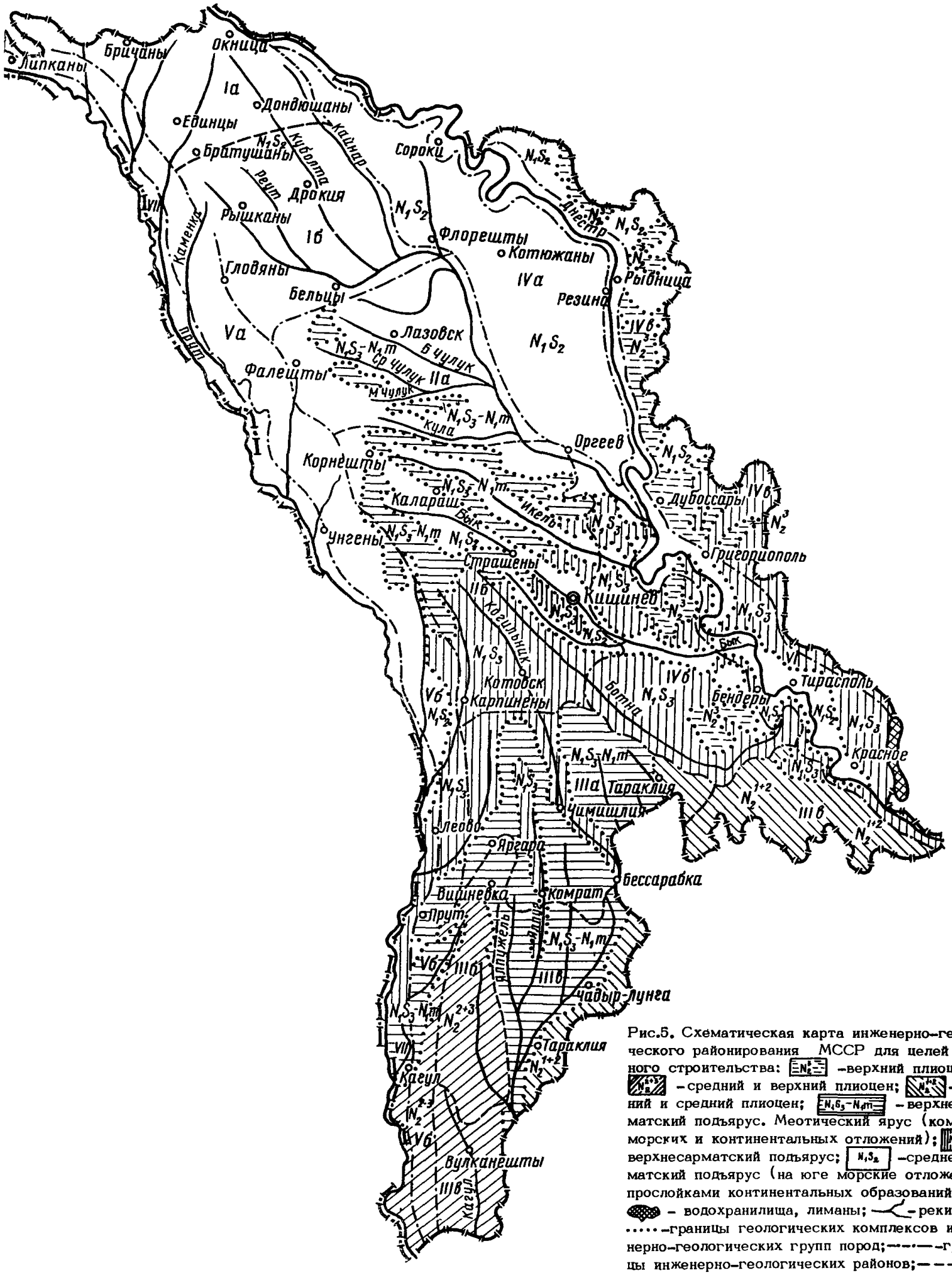

Рис.5. Схематическая карта инженерно-геологического районирования МССР для целей дорожного строительства: N_2^3 -верхний плиоцен; N_2^{1+3} -средний и верхний плиоцен; N_2^{1+2} -нижний и средний плиоцен; $N_1S_3-N_1m$ -верхнесарматский подъярус. Меотический ярус (комплекс морских и континентальных отложений); N_1S_3 -верхнесарматский подъярус; N_1S_2 -среднесарматский подъярус (на юге морские отложения с прослойками континентальных образований) - водохранилища, лиманы; -реки; .....-границы геологических комплексов инженерно-геологических групп пород; -·-·-границы инженерно-геологических районов; - - -границы между инженерно-геологическими подрайонами (составил Н.С.Бирюков)

60-70 на севере, 40-54 на юге. Годовое количество осадков убывает от 560 мм на севере до 370 мм на юге и юго-западе; на возвышенностях выпадает 560-500 мм, на равнинах - 450-400 мм и меньше. Основная часть дождей носит ливневый характер повышенной интенсивности и сопровождается грозами. Вегетационный период до 200 сут.

Коэффициент увлажнения, представляющий отношение количества атмосферных осадков к количеству испарившихся, составляет 0,65-0,48, закономерно убывая в южном направлении.

2.6. Рекомендуется при оценке климатических условий особое внимание обращать на отклонение количества осадков от нормы (для МССР она составляет 200-300 мм и более), а также на глубину промерзания, которая колеблется от 10-30 см до 100 см.

2.7. Обобщенным видом инженерно-геологической оценки территории МССР является инженерно-геологическое районирование (рис.5 и прил.1).

3. Инженерно-геологическая оценка местности при проектировании автомобильных дорог

3.1. Инженерно-геологическая оценка состоит из двух основных этапов:

геоморфологической оценки территории проложения трассы автомобильной дороги;

проведения подробных инженерно-геологических изысканий на наиболее сложных участках рельефа с анализом полученной информации и расчетами устойчивости склонов и откосов.

Для выполнения инженерно-геологической оценки необходимо прежде всего уточнить границы местности,

которые соответствуют направлению возможных вариантов трассы будущей автомобильной дороги. При этом определяют инженерно-геологический район и подрайон расположения выделенной площади и ее соотношение с географическим и административным тяготением данного инженерно-геологического района (см. рис. 5, прил. 1).

3.2. После привязки пространственного участка проложения трассы автомобильной дороги анализируют данные, соответствующие конкретному инженерно-геологическому району территории Молдавской ССР на основе обобщенных карт (см. рис. 1-4), а также топографических карт крупного масштаба и аэрофотоснимков.

3.3. На основе картографических данных устанавливают общее геологическое строение участка территории района или подрайона, тип грунтовой толщи и ее особенности, которые зависят от слагающих пород; характер физико-геологических процессов и их количественное выражение; морфометрические показатели, определяющие степень расчленения территории инженерно-геологического района (глубину вертикального расчленения и густоту древнеэрозионного расчленения).

3.4. На основе анализа геоморфометрической и инженерно-геологической информации составляют карту-схему качественных и количественных показателей, по которым определяют в совокупности степень сложности инженерно-геологических условий и оползневой обстановки территории полосы проложения трассы.

3.5. Карту-схему полосы проложения трассы следует рассматривать как первичную информацию, необходимую для ориентировочной инженерно-геологической оценки, позволяющей наметить размещение конструкций земляного полотна в пределах возможных вариантов трассы автомобильной дороги.

3.6. На основе данных карты-схемы на топографической карте масштаба 1:10000 обозначают детально проработанную площадь участка будущей трассы и ее направление, выделяя конкретные оползневые места, склоны, косогоры, овраги и другие участки, захваченные физико-геологическими процессами. На этой стадии целесообразно использовать данные аэрофотосъемки, определяя геологические условия по аэрофотоснимкам, а динамику процессов – на основе анализа снимков разных лет.

3.7. В пределах площади прохождения трассы необходимо выделить участки местности, имеющие определяющее значение для направления будущей дороги с точки зрения их потенциальной устойчивости. При этом необходимо иметь в виду, что в пределах выделенных площадей и направлений на территории МССР устойчивые горизонтальные поверхности чередуются с неустойчивыми наклонными. Частота их смены определяется интенсивностью древнеэрозионного расчленения рельефа, а потенциальная неустойчивость – степенью распространения на территории эрозионных и оползневых процессов. Значительное преобладание неустойчивых морфоэлементов над устойчивыми установлено в оползневых районах республики.

3.8. Инженерно-геологическую оценку площади участка трассы необходимо начинать с анализа геоморфологической информации выделенной территории. Для этого:

выявляют потенциально менее опасные места возможных пересечений трассой оползневых склонов (сохранившиеся, не нарушенные оползневыми процессами участки, стабидизировавшиеся древнеоползневые участки или же участки с современными, в частности антропогенными, оползнями, не значительными по глубине захвата);

определяют на водоразделах естественные седловины для проложения трассы и перехода ее с одной водосборной системы в другую (использование подобных седловин может исключить необходимость сооружения глубоких выемок);

выявляют места возможного интенсивного перемещения рыхлого материала селеподобными потоками. К таким местам относятся устья гыртопов, склоны и днища которых изрезаны оползнево-эрозионными формами, представляющими собой системы интенсивной денудации. Необходимость оценить подобные потенциально опасные участки имеет существенное значение для ориентировочного определения количества и размеров водопропускных и регуляционных сооружений при сравнении и технико-экономической оценке вариантов трассы проектируемой автомобильной дороги;

определяют общую протяженность склоновых участков, которые представляют опасность превращения их в оползневые при размещении на них насыпей или вследствие эрозионных и оползневых процессов;

оценивают возможность проведения строительных работ и последующей безопасной эксплуатации проектируемых земляных сооружений автомобильной дороги, не вызывающих активизации эрозионных и оползневых процессов.

3.9. При геоморфологической оценке целесообразно в максимальной степени использовать данные аэрофотосъемки, а также информацию, которую можно почерпнуть из крупномасштабных топографических карт.

3.10. На стадии геоморфологической оценки целесообразно установить соотношение между вариантами будущей автомобильной дороги и существующими рунтовыми дорогами, лесными полосами, просеками, сельскохозяйственными угодьями, а также участками, которые надо сохранить в неприкосновенности. Отображение подобной

информации о выбранной площади трассирования дает возможность решить комплексную задачу, а именно: обеспечить устойчивость проектируемых земляных сооружений с учетом оптимального их размещения на различных морфоэлементах рельефа, с одной стороны, и максимально сохранить сельскохозяйственные угодья и геологическую среду - с другой.

При выполнении геоморфологической оценки необходимо проанализировать устойчивость земляного полотна и прилегающих к нему склонов эксплуатируемых автомобильных дорог. В результате анализа должны быть получены следующие данные: количество автомобильных дорог, построенных и эксплуатируемых в рассматриваемом инженерно-геологическом районе; количество деформаций и их характер в откосах насыпей и выемок в зависимости от рабочей отметки; количество нарушений естественных склонов при расположении на них земляного полотна; количество разрушенных участков дорог от проявления оползневых процессов в прилегающих к дороге оползневых склонах. На основе количественных данных и их статистической обработки определяют причины нарушений устойчивости откосов и склонов, активизации оползневых процессов, влияние принципа расположения земляного полотна в сложных морфоэлементах рельефа на устойчивость и стабильность геологической среды.

3.11. В результате геоморфологической оценки должны быть намечены основные направления трассы и принципы трассирования в данном инженерно-геологическом районе, выделены участки индивидуального проектирования, требующие подробных инженерно-геологических изысканий, сделаны предварительные выводы о соотношении между рельефом и геологическим строением, литологией; географическими условиями района - климатом и микроклиматом, особенностями стока, рас-

тительности и почвенного покрова; динамике современных рельефообразующих процессов.

3.12. Геоморфологической оценкой завершается первый этап общей инженерно-геологической оценки. Второй этап целесообразно начинать только после проложения намеченных на первом этапе вариантов трассы На этом этапе проводят подробные инженерно-геологические изыскания и исследования на наиболее сложных участках рельефа, пересекаемых проектными вариантами трассы, а также в местах возможных карьеров и сосредоточенных резервов; оценивают устойчивость склонов и откосов высоких насыпей, глубоких выемок.

3.13. На втором этапе инженерно-геологической оценки необходимо для выделенных участков индивидуального проектирования определить границы взаимодействия будущей автомобильной дороги с геологической средой. Эти границы должны устанавливать площадь и глубину инженерно-геологических изысканий, а также структуру и методы выполнения работ.

Для установления границ сферы взаимодействия земляного полотна с геологической средой:

определяют точное местоположение проектируемого земляного сооружения, а также его тип (насыпь, выемка, насыпь на склоне, вблизи оползня);

разрабатывают или привязывают к элементам рельефа конструкцию земляного полотна, а также комплекс противооползневых мероприятий с учетом режима и технологии строительства и условий последующей эксплуатации участка дороги;

изучают основные черты геологического строения и гидрогеологические условия объекта;

определяют пространственное положение зон развития физико-геологических процессов, которые могут повлиять на устойчивость земляного полотна и всего участка дороги;

выявляют причины возникновения физико-геологических процессов и прогнозируют их развитие.

3.14. При расположении земляного полотна на оползневом склоне в сферу взаимодействия его с геологической средой необходимо включать весь оползневый склон на глубину развития оползневого процесса.

Если земляное полотно расположено вблизи оползневого склона, то границы взаимодействия следует устанавливать на основе прогноза, который выполняют расчетным путем по данным наблюдений. При этом среднюю скорость продвижения оползней вглубь склона можно определить на основе результатов стационарных наблюдений с последующей их статистической обработкой, либо сопоставлением топографических планов и аэрофотоснимков оползневого склона и прилегающей к нему площади, выполненных в разные годы. Чтобы оценить степень активизации оползневых процессов данного склона и прилегающей к нему территории, целесообразно определить коэффициент оползневой активности, представляющий собой отношение площади первоначального развития оползневого склона и прилегающего участка к последующей на различные годы: чем выше этот коэффициент, тем больше оползневая активность данного участка.

3.15. При расположении земляного полотна в глубоких выемках сферу его взаимодействия с геологической средой необходимо определять глубиной выемки, расчетной крутизной ее откосных частей, количеством выделенных по литологии слоев, их мощности, наличием водоносных горизонтов; протяженностью выемки по оси трассы; вероятностью расположения за пределами верхней бровки дренажных и водоотводных сооружений.

Если в геологическом разрезе будущей выемки имеются водоносные горизонты, обладающие напором, то нижнюю границу сферы взаимодействия устанавливают

расчетом в зависимости от величины напора и глубины выемки.

3.16. Границы сферы взаимодействия высоких насыпей (более 12 м), а также насыпей, располагаемых на склонах, устанавливают с учетом проектной высоты насыпи, крутизны откосных частей, наличия ярусов, полок, водоотводных и дренажных сооружений на местности; инженерно-геологических особенностей естественного основания[x])

Кроме того, в сферу взаимодействия следует включать часть прилегающей территории, которая будет использована при земляных работах (подъездные пути, резервы, карьеры и т.п.).

3.17. Сфера и границы взаимодействия земляных сооружений с геологической средой определяют характер и объем инженерно-геологических изысканий применительно к каждому из выбранных вариантов трассы, технологическую схему изысканий в зависимости от количества объектов индивидуального проектирования, их сходства или различия на всем протяжении варианта трассы. Для достоверной инженерно-геологической оценки изыскания на объектах индивидуального проектирования необходимо осуществлять в весенний период, который для МССР в наибольшей степени соответствует расчетному (наиболее неблагоприятному для

---

x) Под инженерно-геологическими особенностями естественного основания понимают: для горизонтальных участков – наличие сжимаемых слоев под расчетной нагрузкой от веса насыпи, их мощности и простирания, мощности активной зоны основания, соответствующей ширине насыпи понизу; для склоновых участков – тип склона (устойчивый, потенциально оползневый, древнеоползневый, наличие активного оползня на склоне или вблизи него и т.п.); мощность делювиальных или оползневых накоплений; глубину залегания коренных пород; крутизну и длину склона; характер растительности, экспозицию; гидрогеологические условия.

устойчивости склонов и откосов и активизации оползневых процессов).

3.18. На стадии инженерно-геологических изысканий должны быть определены типы и механизм оползней, захватывающие природные склоны в пределах территории проложения трассы, и установлены причины их образования. Кроме того, на основе анализа инженерно-геологических разрезов толщ будущих выемок, карьеров и резервов следует установить возможные формы разрушения откосов высоких насыпей, глубоких выемок, насыпей на склонах в соответствии с "Инструкцией по проектированию и строительству противооползневых и противообвальных защитных сооружений" СН 519-79 (М.: Стройиздат, 1981), т.е. вероятный механизм прогнозируемого оползневого процесса (см. прил.2).

3.19. На основе инженерно-геологических, гидрогеологических и гидрологических данных и результатов исследований, стационарных наблюдений, имеющихся фондовых и других материалов определяют причины, механизм и масштабность оползневых процессов на склоне (откосе). При этом должны быть выявлены и оценены факторы как вызывающие эти процессы, так и противодействующие им, а также степень их влияния на склоновый процесс. Полученная инженерно-геологическая информация, ее анализ и результаты должны быть использованы в полном объеме для оценки устойчивости склонов и откосов земляного полотна.

3.20. Оценку устойчивости склонов (откосов) выполняют в такой последовательности:

выбирают расчетные створы;

составляют расчетную схему;

выбирают метод (или методы) расчета устойчивости;

назначают расчетные параметры грунтов;

выполняют расчеты;

анализируют полученные результаты расчета;

вычисляют величину оползневого давления и пассивного отпора;

устанавливают комплекс противооползневых мероприятий.

3.21. Положение расчетных створов зависит от:

условий устойчивости потенциально оползневых и оползневых склонов (откосов), механизма оползней и причин их образования;

существующего и проектируемого использования оползневой зоны для строительства автомобильной дороги и сопутствующих инженерных коммуникаций;

размещения на склоне (откосе) комплекса противооползневых мероприятий.

3.22. Расчетные створы по условиям устойчивости потенциально оползневых склонов следует назначать на участках, где уже назревает подвижка оползня или инженерно-геологическими изысканиями установлена вероятность появления оползневых деформаций.

Опасное состояние потенциально оползневого склона в первом приближении может быть установлено на основе анализа рельефа и геоморфологических особенностей его существования. Для проведения такого анализа необходимо обследовать склоновые участки проектировщиками, а при невозможности такого обследования надо изучить и проанализировать материалы инженерных изысканий. При этом следует обращать особое внимание на образование и динамику берегового уступа (на водоемах и водотоках); размывы тальвегов и оврагов, распространение на склонах оврагов, склоновую эрозию, выветриваемость пород на оголенных частях склонов (откосов), степень развития нарушений местной устойчивости (оплывин, сплывов).

Предрасположенными к оползневым смещениям сле-

дует считать участки со значительной крутизной склона (до 20° и более) при большой высоте и малом количестве террас, а также склоны с проявлением в их пределах овражной эрозии.

3.23. Для анализа устойчивости оползневых склонов необходимо определить тип оползня по его возрасту. На территории Молдавии следует выделять по возрастной классификации И.В.Попова и И.С.Рогозина оползни древние и современные. Современные подразделяют на давние (остановившиеся) и активные. Расчетные створы намечают на каждом давнем или активном оползне, который попадает в сферу взаимодействия с автомобильной дорогой.

При этом основной расчетный створ должен совпадать с главным направлением движения оползня по линии наиболее низких гипсометрических отметок ложа оползня.

На крупных оползнях расчетные положения следует намечать по нескольким створам, так как условия устойчивости могут оказаться изменчивыми в различных частях оползней.

При выборе расчетных створов необходимо учитывать вероятность арушения общей и местной устойчивости. Особенности механизма каждого оползня в склонах (откосах) должны быть отражены в дальнейшем в соответствующих расчетных схемах и методах расчета.

3.24. При разработке общей схемы комплекса противооползневых мероприятий можно ограничиваться расчетами устойчивости только типичных оползней на опорных створах. В проекте (рабочем проекте) необходимо рассчитывать каждый отдельный оползень независимо от стадийности оползневого процесса.

3.25. Оценка устойчивости потенциально оползневых и оползневых склонов необходима на участках с суще-

ствующей или проектируемой застройкой. Расчетные створы для этой цели должны назначаться с нагорной и низовой стороны здания или сооружения, расположенного в оползневой зоне.

При оценке устойчивости участков, занятых линейными сооружениями существующих автомобильных дорог, расчетные створы следует назначать с нагорной и низовой сторон трассы на наиболее опасных участках, например с высокими насыпями и глубокими выемками; в местах, где изысканиями установлена опасность активизации оползневых процессов в результ те строительства и условий эксплуатации дороги.

Составляют расчетную схему и назначают метод расчета в каждом конкретном случае индивидуально на основе установленного или прогнозируемого механизма оползня, особенностей инженерно-геологических условий, учета расположения и использования на склонах в строительных целях гражданских и промышленных объектов.

Расчетную схему составляют на основе анализа инженерно-геологического разреза. Для анализа следует отобрать инженерно-геологические разрезы, в наибольшей степени отвечающие зафиксированному или прогнозируемому механизму оползня при самом неблагоприятном сочетании силовых факторов и показателей физико-механических свойств грунтов.

При этом необходимо проанализировать:

границы оползневого участка в пределах установленной изысканиями, а также прогнозируемой зоны его влияния на проектируемую автомобильную дорогу;

мощность оползневых накоплений или делювиального слоя;

все ослабленные зоны;

фактические или предполагаемые поверхности смещения;

особенности контакта оползневых накоплений с коренными породами, генезис коренных пород,

влияние гидрогеологических факторов,

динамику оползней.

3.26. При составлении расчетной схемы необходимо в разрезе склона выделить инженерно-геологические элементы, которые являются определяющими для устойчивости склона (откоса)

3.27. Расчетную схему выполняют в виде графической части и поясняющего текста.

3.28. Графическую часть расчетной схемы следует вычерчивать на схематизированном инженерно-геологическом разрезе склона (откоса) в естественном состоянии. На чертеже должны быть показаны:

инженерно-геологические элементы, имеющие определяющее значение в устойчивости и смещении оползня;

прогнозируемые максимальные уровни подземных вод и их напоры;

фактические и наиболее вероятные поверхности смещения, по которым предполагается проведение расчетов,

положение поверхностей смещения в зоне отрыва и выпора (начальный и конечный участки)

нагрузки от застройки территории и конструкций земляного полотна;

проектное решение по изменению рельефа склона или назначению крутизны откоса земляного полотна.

Не показывают все второстепенные детали, затемняющие чертеж и не имеющие отношения к механизму оползня.

3:29. Составленная расчетная схема должна соответствовать наиболее вероятной форме нарушения устойчивости склона (откоса).

Если механизм оползневого процесса не может быть точно установлен, то оценку устойчивости необ-

ходимо выполнять для нескольких расчетных схем, соответствующих вероятным механизмам разрушения. В качестве окончательного варианта должна быть принята схема, при расчете по которой получен минимальный коэффициент устойчивости.

3.30. Расчет устойчивости склонов (откосов) в бытовом (природном), проектном (т.е. с учетом размещения в геологической среде конструкций земляного полотна и комплекса противооползневых мероприятий) и промежуточном положениях (на период строительства) выполняют по первому предельному состоянию - по несущей способности. При этом возможны два варианта расчета: по предельному напряженному состоянию (условие предельного равновесия) и по допустимому напряженному состоянию (отсутствие зон пластических деформаций). В условиях МССР при оценке устойчивости склонов и откосов расчеты по предельному напряженному состоянию необходимо осуществлять для следующих типов оползневых механизмов: скольжения, выдавливания, сложных (см.прил.2). При оценке устойчивости насыпей на склонах (в том числе и оползневых), высоких насыпей на потенциально неустойчивом основании, а также склонов и откосов с зафиксированным или вероятным механизмом "выдавливания" и проседания следует применять методы расчета по допустимому напряженному состоянию. При этом целесообразно для оценки напряженного состояния склонов и откосов использовать различные методы: расчетные (на основе теории упругости, дискретных или нелинейно деформируемых сред) и экспериментальные (модельные).

3.31. При использовании методов расчета, связанных с проверкой и анализом устойчивости оползневого массива на зафиксированной (предполагаемой) поверхности смещения, в расчетной схеме должно быть показано разделение тела оползня на расчетные блоки. Для

каждого блока обозначают удерживающие и сдвигающие силы от собственного веса грунта и внешних нагрузок, силы взаимодействия между блоками, силы от воздействия подземных вод.

Членение тела оползня на блоки выполняют вертикальными линиями. Границы блоков (места вертикалей) назначают с учетом формы прогнозируемой или установленной изысканиями поверхности смещения в точках перегиба поверхности склона (откоса), пересечения границ расчетных слоев с поверхностью смещения. При расчетах по круглоцилиндрическим поверхностям смещения ширину блоков следует принимать не более 2-3 м (в целях уменьшения погрешности при вычислении их площади).

3.32. Поясняющий текст к расчетной схеме должен содержать:

обоснование к назначению расчетной схемы;

рекомендуемый метод оценки устойчивости;

расчетные значения показателей физико-механических свойств грунтов и прогноз их изменения на проектный срок.

В поясняющем тексте следует подробно изложить расчет устойчивости с анализом полученных результатов и предложениями по рекомендуемому комплексу противооползневых мероприятий и конструкциям земляного полотна индивидуального проектирования.

3.33. Реологические процессы необходимо учитывать в тех случаях, когда на основе данных инженерно-геологических изысканий установлена возможность образования или наличие вязкопластических деформаций, развивающихся в глинистых грунтах оползневой (потенциально оползневой) толщи; в зоне контакта грунтов поверхности смещения с коренными породами или устойчивыми грунтами, а также в основании проектируемых противооползневых сооружений; в откосах

высоких насыпей и глубоких выемок из глинистых высокопластичных грунтов.

Для условий МССР наиболее опасными по развитию реологических процессов являются: делювиальные и оползневые отложения на склонах, зона их контакта с неогеновыми глинами коренных пород.

В зависимости от установленного (по результатам изысканий) или прогнозируемого механизма оползней типа вязкопластических реологические процессы учитывают следующим образом:

для движущихся оползней-потоков, представленных массой переувлажненного глинистого, песчано-глинистого или щебенисто-глинистого грунта, прогнозируют скорость движения потока и рассчитывают расстояние его перемещения;

для оползней с преобладающими вязкопластическими деформациями устанавливают возможность развития деформаций ползучести, влияющих на устойчивость откосов и склонов; определяют скорость смещения оползневых масс и величину деформации ползучести; сравнивают расчетную (прогнозируемую) величину деформации ползучести с допустимой по условию устойчивости склона и сооружений на нем.

Прогнозировать образование деформаций ползучести и учитывать их влияние на устойчивость склонов (откосов) для зафиксированных или вероятных механизмов оползней типа скольжения и выдавливания, а также сложных типов необходимо для уточнения условий работы склонов (откосов), сложенных скрытопластичными ($\varphi_w \neq 0; \Sigma_w \neq 0; C_c \neq 0$) и пластичными ($\varphi_w = 0; \Sigma_w \neq 0; C_c = 0$) глинистыми грунтами в зоне контакта предполагаемой (установленной) поверхности смещения с коренными породами или устойчивыми грунтами (φ_w - угол трения, C_c - структурное сцепление, Σ_w - связность).

3.34. Особое внимание при оценке значения реологических процессов и учете деформаций ползучести следует обращать на тщательный анализ инженерно-геологических разрезов и составление расчетной схемы. Необходимо выделить слои и прослойки ослабленных глинистых грунтов, установить углы падения этих слоев и соответствующие им критические величины углов внутреннего трения, зону контакта с коренными породами и т.п. Такой прогноз целесообразен в том случае, если в проектируемый комплекс противооползневых мероприятий не входят поддерживающие сооружения (подпорные стены, сваи, анкеры) и устойчивость по предельному состоянию может быть обеспечена изменением рельефа склона или назначением рациональной конфигурации откоса земляного полотна высоких насыпей и глубоких выемок. Учет деформаций ползучести приобретает особое значение, если на склоне расположены и эксплуатируются объекты промышленного и гражданского строительства.

Прогноз образования деформаций ползучести и уточнение условий работы склонов и высоких откосов выполняют после проведения расчетов устойчивости по предельному состоянию и анализа их результатов. При этом следует иметь в виду, что деформации ползучести склона (откоса) можно прогнозировать только при условии разделения величины общего сцепления на сцепление связности Σ_w и жесткое структурное сцепление C_c . При уточнении условий работы склонов и откосов для оползней типа скольжения, выдавливания и сложных типов проверяют допустимость возникновения деформаций ползучести, условие исключения ползучести; устанавливают величину деформации ползучести на заданный момент времени. Оценку и учет деформаций ползучести для указанных типов оползней выполняют после расчета по предельному состоянию, т.е.

при $K_y \geq K_{тр}$ (где K_y, $K_{тр}$ – фактический и требуемый коэффициенты устойчивости). После этого в рамках соответствующих расчетных схем выполняют расчеты, аналогичные проведенным по предельному состоянию, но вместо общей величины сцепления C_w в расчете используют только ту часть, которая обусловлена необратимыми структурными связями C_c при расчетном состоянии плотности – влажности грунта и определяют коэффициент устойчивости K_1. Если $K_1 \geq 1$, то устойчивость склона (откоса) обеспечена как в начальный момент, так и в конечный (т.е. деформации ползучести отсутствуют); если $K_1 < 1$, то необходима проверка на длительную прочность, для чего снова проводят расчеты, но вместо C_w вводят ту ее часть (Σ_w), которая обусловлена водно-коллоидной природой (связность). Если коэффициент по условию длительной прочности $K_2 < 1$, то необходимо оценить величину деформации ползучести; при значениях $K_2 \geq 1$ дальнейших проверок не проводят. Для условий МССР необходимо на основе прогноза образования деформаций ползучести уточнить место расположения земляного полотна на склоне, рабочую отметку насыпи на склоне, крутизну откосов высоких насыпей и глубоких выемок с тем, чтобы исключить и не допустить образования деформаций ползучести.

3.35. Величину оползневого давления, на воздействие которого должны быть рассчитаны поддерживающие противооползневые сооружения, определяют на основе анализа выполненного предварительно расчета устойчивости склона (откоса). В пределах каждого блока расчетной схемы склона (откоса) расчетную величину оползневого давления вычисляют по формуле:

$$E_{оп\,i} = K_{тр} T_i - A_i ,$$

где $E_{on.i}$ – расчетная величина оползневого давления в i –м блоке;

$K_{тр}$ – требуемый коэффициент устойчивости;

T_i – сдвигающие силы в i –м блоке;

A_i – удерживающие силы в i –м блоке.

Расчетное оползневое давление, которое условно действует в пределах любого расчетного вертикального сечения расчетной схемы склона (откоса), необходимо определять как "накопленную" величину, т.е. исходя из условия, что на каждый последующий блок (считая сверху вниз) действует суммарная величина активных сдвигающих сил, которая складывается из суммы накопленного оползневого давления предыдущих блоков и оползневого давления в блоке, непосредственно примыкающем к расчетному сечению:

$$\begin{cases} E_{расч.on(i+1)} = \sum_{1}^{i-1} E + E_{on.i} , \\ \text{или} \\ E_{расч.on(i+1)} = \sum_{1}^{i-1} E_{on} + (K_{тр} T_i - A_i), \end{cases}$$

где $E_{расч.on(i+1)}$ – расчетное оползневое давление, приходящееся на переднюю грань $(i+1)$-го блока;

$\sum_{1}^{i-1} E_{on}$ – накопленная величина оползневого давления в блоках от 1 до $(i+1)$-го;

$E_{on.i}$ – величина оползневого давления в i –м блоке.

При применении метода горизонтальных сил Маслова-Берера расчетное оползневое давление в каждом блоке определяют по формуле

$$E_{on.i} = K_{тр}\left[(\pm H_i) + W_{фi} \cos\beta_i\right] - A_i ,$$

где H_i – распор грунта в i –м блоке;

$W_{фi}$ – величина фильтрационного давления;

β_i – угол кривой депрессии.

При расчете по методу круглоцилиндрической поверхности скольжения $E_{on.i}$ следует определять по формуле

$$E_{oni} = K_{тр} T_i - (N_i \operatorname{tg} \varphi_i + C_w \mathcal{L}_i),$$

где N_i – нормальная составляющая веса блока;

$\mathcal{L}_i$ – длина кривой скольжения в блоке

При оценке степени устойчивости склона или откоса, полностью обводненного, вес расчетных блоков следует определять с учетом гидростатического взвешивания.

При наличии фильтрационного давления расчетное оползневое давление в каждом блоке определяют по выражению.

$$E_{oni} = K_{тр} T_i - (P_{iв} \cos\alpha_i \operatorname{tg} \varphi_w + C_w \mathcal{L}_i)$$

где $P_{iв}$ – вес блока, заключенного между кривой депрессии и поверхностью скольжения, определяемый с учетом взвешивания.

При смещении оползневого массива по плоской, не имеющей переломов, поверхности скольжения для расчета оползневого давления с учетом фильтрационного давления $W_{фi}$ и влияния напорных вод следует использовать формулу

$$E_{oni} = K_{тр} (\gamma_w h_i \omega_i \sin\alpha_i + W_{фi}) - [(\gamma_w h_i \omega_i \cos\alpha_i - \Delta_в h_{z_i} \omega_i) \operatorname{tg} \varphi_w + C_w \mathcal{L}_i],$$

где $\operatorname{tg} \varphi_w$ – коэффициент трения;

γ_w – плотность грунта, Н/м^3;

h_i – средняя высота расчетного блока, м;

ω_i – площадь подошвы расчетного блока, м^2;

$\Delta_в$ – плотность воды, Н/м^3;

h_{z_i} – уровень напорных вод в пределах блока, м

3.36. Для наглядного представления об изменении расчетной величины оползневого давления по длине склона (откоса) и для нахождения давления в любой точке между границами расчетных блоков необходимо вычертить эпюру оползневого давления под расчетным сечением оползневого склона (откоса) на ее горизонтальной проекции. На основе анализа этой эпюры выбирают расчетное сечение (или сечения) для выбора места заложения поддерживающих противооползневых

конструкций и сооружений. Расчетное сечение выбирают с учетом:

положения намеченного проектом места строительства поддерживающих сооружений;

условий регулирования рельефа склона (откоса);

возможного минимального значения оползневого давления;

положения зоны выпора за поддерживающим сооружением.

Расчетное сечение с учетом указанных соображений уточняют проверкой на перемещение оползневого грунта через поддерживающее сооружение, а также по условиям производства работ.

По значениям оползневого давления, вычисленным для каждого расчетного сечения, в котором предполагается установка поддерживающих сооружений, по ширине оползня (по фронту) строится фронтальная эпюра оползневого давления, необходимая для расчета сечений и числа удерживающих элементов в одной конструкции поддерживающего сооружения по ширине склона.

3.37. Инженерно-геологическая оценка грунтовых толщ включает: определение генезиса выделенных слоев в склонах и откосах глубоких выемок, показателей их физико-механических свойств (в том числе в карьерах и резервах), расчетных значений этих показателей, необходимых для оценки устойчивости.

Инженерно-геологическую оценку грунтовых толщ проводят в два этапа. На первом этапе определяют показатели физических свойств грунтов, а также характеристики стандартного уплотнения: величину максимальной плотности и оптимальной влажности (для карьеров, резервов, выемок); на втором - показатели механических свойств и их расчетные значения.

3.38. Для условий МССР, учитывая генетические особенности геологических районов территории республики (см. рис. 5, прил. 1), определяют следующие физи-

ческие свойства грунтов: природную влажность, показатели плотности, пределы пластичности; показатели пористости, степень влажности (коэффициент водонасыщения); зерновой состав (с обязательным выделением для глинистых грунтов частиц мельче 0,005 мм).

3.39. На основе анализа распределения по глубине грунтовой толщи природной влажности, числа пластичности, коэффициента консистенции, показателей плотности (путем построения соответствующих графиков рассеивания) выделяют расчетные литологические слои в геологических разрезах склонов, глубоких и мокрых выемках, в основаниях высоких насыпей.

3.40. На втором этапе инженерно-геологической оценки грунтовых толщ для участков индивидуального проектирования определяют нормативные и расчетные показатели механических свойств грунтов для выделенных расчетных литологических слоев или грунтов карьеров, резервов.

3.41. Для выполнения расчетов устойчивости склонов и откосов земляного полотна определяют расчетные показатели прочности (угол внутреннего трения и величину сцепления) при расчетной плотности влажности грунта. Статистическую обработку результатов испытаний (при расчетной влажности) осуществляют согласно ГОСТ 20522-75. Методику подготовки образцов грунта к сдвиговым испытаниям выбирают в каждом конкретном случае индивидуально. Она зависит от характера оценки устойчивости (общая или местная), типа конструкции земляного полотна (насыпь, выемка), механизма оползня на склоновых участках, а также от основных инженерно-геологических или погодно-климатических факторов, воздействующих на склон (откос) в процессе эксплуатации дороги.

3.42. Сдвиговые испытания следует проводить по методике быстрого сдвига или плотности-влажности Н.Н.Маслова.

Для определения расчетных характеристик прочности и величины порога ползучести рекомендуется

использовать трехчленную зависимость сопротивляемости грунта сдвигу, предложенную Н.Н. Масловым:

$$\tau_{pw} = P \operatorname{tg} \varphi_w + \Sigma_w + C_c ,$$

где τ_{pw} – сопротивляемость грунта сдвигу, соответствующая его состоянию плотности-влажности;

P – величина нормальных напряжений при сдвиге;

Σ_w – часть общего (C_w) сцепления грунта, обусловленная водно-коллоидными связями (связность);

C_c – часть общего сцепления грунта, обусловленная необратимыми (невосстанавливающимися после деформации сдвига) структурными связями (жесткое сцепление);

$(\Sigma_w + C_c) = C_w$ – общее сцепление.

Для получения всех значений, входящих в формулу, методика сдвиговых испытаний должна предусматривать либо проведение повторных сдвигов на одном и том же образце для определения остаточной прочности грунта, либо сдвиговые испытания образцов грунта, предварительно разрезанных по направлению плоскости сдвига на две половинки, соединяемые при проведении испытаний (опыты "плашка по плашке).

4. Принципы выбора вариантов проложения трасс автомобильных дорог в условиях Молдавской ССР

4.1. На основе анализа результатов инженерно-геологической оценки полосы проложения трассы и основных направлений ее в виде пространственной линии, вписывающейся в наиболее общие и устойчивые геоморфологические элементы рельефа МССР, выбирают оптимальный вариант.

4.2. Критерием выбора оптимального варианта является минимум приведенных сопоставимых строительных и эксплуатационных затрат при обеспеченной устойчивости земляного полотна и окружающей среды и выдержанном проектом направлении трассы автомобильной дороги в целом. Рекомендуется использовать раздельную технологию проложения трассы, принятую в качестве основы общесоюзной системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог (САПР-АД), которая включает: проектирование на ЭВМ вариантов трассы в плане, проектирование оптимального продольного профиля по каждому варианту плана трассы, оценку полученных проектных решений, выбор наилучшего из них.

4.3. На основе анализа данных инженерно-геологической оценки при выборе оптимального варианта трассы дороги разрабатывают требования к расположению земляного полотна (в плане и продольном профиле) на элементах рельефа местности. В основу таких требований должен быть положен принцип выбора грунтовых карьеров и сосредоточенных резервов из условия общего баланса земляных масс. Они устанавливают принцип чередования выемок и насыпей по трассе, глубину врезки проектной линии в устойчивые и неустойчивые морфоэлементы или морфоструктуры, возможность размещения земляного полотна на склонах.

4.4. При проложении трассы в плане необходимо учитывать, что морфометрические параметры рельефа существенно влияют на тип земляного полотна (насыпь, выемка, насыпь на склоне), объемы земляных работ, состав комплекса противооползневых мероприятий.

4.5. С увеличением степени вертикального расчленения рельефа местности следует учитывать два возможных случая проложения трассы: лобовое сечение трассой рельефа морфоструктур и сечение их под некоторым углом α ($0^{\circ} \leqslant \alpha \leqslant 90^{\circ}$).

В первом случае резко возрастают объемы земляных работ, количество глубоких выемок, высоких насыпей, площади откосов; увеличивается количество конструкций и мероприятий по обеспечению общей и местной устойчивости откосов; возникает вероятность разрушения геологической и окружающей среды. Вместе с тем сокращается общая длина трассы, не требуются дополнительные карьеры и резервы, уравновешивается баланс земляных масс.

Во втором случае, в зависимости от угла α, удельные объемы земляных работ могут быть значительно снижены, так как уменьшается количество высоких насыпей и глубоких выемок. Но вместе с тем возрастает число случаев расположения земляного полотна на склонах, что влечет за собой разработку противооползневых мероприятий, включающих дорогостоящие инженерные сооружения: дренажные конструкции, подпорные стенки, свайные поля. Кроме того, возрастает объем профилактических мероприятий непосредственно на самих склонах для предупреждения вероятных нарушений устойчивости этих систем после устройства на них земляного полотна; увеличивается длина трассы.

4.6. С увеличением густоты древнеэрозионного расчленения рельефа возрастает количество искусственных сооружений и пересечений с оврагами при расположении трассы на склоне, что приводит к увеличению водорегуляционных сооружений, а также противооползневых мероприятий по обеспечению устойчивости откосов земляного полотна и естественных склонов.

4.7. При большой подверженности участка оползневым явлениям необходимо учитывать при проектировании также два случая: 1 – пересечение трассой непосредственно оползневых участков под различным углом α в зависимости от данных инженерно-геологической оценки и 2 – обход оползневых участков с достаточно большим развитием трассы.

В первом случае возрастает объем земляных работ, степень сложности их осуществления, увеличивается количество специальных защитных противооползневых сооружений, их материалоемкость; в качестве положительного фактора при проектировании необходимо учитывать сокращение длины трассы, сохранение ценных сельскохозяйственных земель, возможность в процессе строительства автомобильной дороги осуществить противооползневые мероприятия по защите геологической и окружающей среды. Во втором случае увеличивается длина трассы, объем карьеров и резервов, использование ценных сельскохозяйственных угодий.

4.8. Технологическая схема трассирования автомобильной дороги должна включать: выбор полосы варьирования, которая устанавливается на основе анализа результатов инженерно-геологической оценки площади района или подрайона территории Молдавской ССР; выбор схемы трассирования в зависимости от морфометрических показателей, категории автомобильной дороги, наличия карьеров и резервов (например, лобовое сечение морфоструктур, сечение под углом, характер прохождения оползневых участков и т.п.).

4.9. При выборе схемы трассирования следует учитывать, что автомобильные дороги низких категорий не должны пересекать морфоструктуры, особенно в оползневых районах, не допускаются также высокие насыпи и глубокие выемки.

При выборе вариантов размещения конструкций земляного полотна на различных характерных участках поперечных сечений полосы варьирования следует учитывать влияние, оказываемое земляным полотном на устойчивость склона. Недопустимо размещать высокие насыпи в верхней и средней частях оползневого или потенциально оползневого склона.

В тех случаях, когда нет возможности избежать прохождения трассы в насыпи в верхней и средней частях оползневого склона, рекомендуется предусматривать эстакады или виадуки (если можно обеспечить устойчивость опор).

Выемки следует избегать в любой части оползневого склона.

4.10. Длина полосы варьирования должна быть равна длине воздушной линии между конечными пунктами проектируемой автомобильной дороги. Глубина полосы варьирования определяется максимальной или минимальной возможностью развития трассы в пределах выделенных элементов рельефа, степенью их устойчивости, наличием оползневых участков, карьеров, резервов.

4.11. После назначения параметров полосы варьирования в ее пределах рекомендуется выбрать основополагающие морфоструктуры рельефа местности, на которых должны быть зафиксированы контрольные точки плановых закреплений трассы (исходя из условий возможного расположения земляного полотна). Указанная операция может быть осуществлена как обычными методами трассирования, так и с применением программы проектирования клотоидной трассы, разработанной Союздорпроектом для ЭВМ ЕС-1020. На данной стадии (планового проложения вариантов трассы) одновременно проектируют продольный профиль только в пределах выделенных макроэлементов и морфоструктур. Это позволяет определять конструктивные параметры земляного полотна, его тип в пределах выделенных элементов и в контрольных точках на них.

4.12. При плановом проложении трассы в пределах полосы варьирования рекомендуется устанавливать следующие критерии размещения земляного полотна и его конструирования на соответствующих морфоэлементах:

I. Земляное полотно располагают только на устойчивых элементах рельефа, коэффициент устойчивости которых равен требуемому или более него. При проектировании высоких откосов их устойчивость обеспечивается таким заложением, которое соответствует требуемому коэффициенту устойчивости. На основе этого критерия при плановом варьировании и высотном закреплении трассы выбирают сечения элементов рельефа и конструируют откосы высоких насыпей и глубоких выемок с учетом требуемого коэффициента устойчивости.

При таком принципе размещения земляного полотна значительно увеличивается длина дороги, что сказывается на приведенных сопоставимых затратах всего варианта трассы.

II. Намеченный согласно первому критерию вариант трассы уточняют путем выбора менее устойчивых морфоэлементов для размещения на них земляного полотна (коэффициент устойчивости менее требуемого) с учетом применения комплекса противооползневых мероприятий. При этом приведенные сопоставимые затраты для уточненного варианта могут быть меньше или равны аналогичным затратам первого варианта трассы.

III. Дальнейшее уточнение следует осуществлять на основе оптимизации положения трассы в продольном профиле для каждого варианта, исходя из необходимости сбалансировать земляные массы, выбрать карьеры, резервы; условий эксплуатации.

4.13. При наличии в пределах выбираемых или уточняемых сечений оползневых или потенциально оползневых склонов в процессе варьирования оценивают их устойчивость, для чего при массовых расчетах следует применять ЭВМ.

4.14. На основании предварительной оценки степени устойчивости склона, а также возможности изменения

его устойчивости при расположении на нем земляного полотна уточняют прохождение трассы в данном сечении. При этом, если имеются ограничения на выбор конструкции на данном участке (например, насыпь не ниже 3 м), то в пределах полосы варьирования могут быть введены дополнительные ограничения.

4.15. После выбора сечений, разделения их на зоны и определения новых границ полосы варьирования в каждой зоне каждого сечения должно быть запроектировано земляное полотно как в насыпях, так и в выемках для нескольких значений рабочей отметки. Для каждой рабочей отметки земляного полотна индивидуального проектирования определяют значения коэффициентов устойчивости (в дальнейшем используется меньший из них). Таким образом для каждой рабочей отметки земляного полотна в высоких насыпях и глубоких выемках, а также при его расположении на склонах (в том числе и оползневых), может быть получена зависимость от коэффициента устойчивости. Задавшись далее требуемым значением коэффициента устойчивости, получают рабочую отметку, которая определяет конструкцию земляного полотна, ее размещение на выбранном морфоэлементе, необходимый комплекс противооползневых мероприятий.

Для того или иного сечения каждого участка должны быть получены наиболее устойчивые и экономически целесообразные конструкции земляного полотна, т.е. для каждого сечения - наиболее выгодный вариант прохождения трассы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Характеристика инженерно геологических районов Молдавской ССР

Геоморфологическая характеристика				Геологическое строение территории	Гидрогеологическая характеристика территории
интенсивность расчленения рельефа		степень распространения на территории (количество на 1 км^2)			
глубина, м	густота, км на 1км^2	оврагов	оползней		
Район I (Северомолдавский)					
подрайон Iа (Окницко-Дондюшанский)					
50-100; редко 200	I-2	Менее 0,5	0,1-0,3; на юго-западе 0,5	В верхней части разреза (до глубины 15-20 м) распространен в основном глинистый тип грунтовой толщи. В ее сложении участвуют (сверху вниз): континентальные образования четвертичного возраста, представленные лессовидными средними и тяжелыми суглинками на водоразделах мощностью менее 5 м, на их склонах 5-10 м, а в долинах - лессовидными легкими и средними суглинками мощностью 5-10м с прослойками пылеватых песков; морские отложения среднесарматского возраста - тонкослоистые глины с прослойками песков. Сейсмичность - 7 баллов	Грунтовые воды, спорадически развитые в четвертичных глинисто-песчаных и песчано-галечных отложениях, в поймах рек и днищах балок залегают на глубине 0,5-2 м в водоразделах и склонах долин и балок - до 10-15 м и более; водообильность этих отложений (дебит колодцев) - 1,5-2 м^3/ч; воды преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-магниевого типа с минерализацией до 1 г/л. Первый от поверхности водоносный комплекс межпластовых подземных вод развит в известняках (реже в песках и мергелях) среднесарматского возраста, залегающих выше местного эрозионного вреза; дебит скважин - от 3-5 до 10 л/с; воды гидрокарбонатно-натриевого и гидрокарбонатно-смешанного (по катионам) типов с минерализацией 1-3 г/л и реже менее 1 г/л.

Продолжение прил.I

Геоморфологическая характеристика				Геологическое строение территории	Гидрогеологическая характеристика территории
интенсивность расчленения рельефа		степень распространения на территории (количество на I км^2)			
глубина, м	густота, км на I км^2	оврагов	оползней		
				Подрайон Iб (Белецко-Дрокиевский)	
I00-200; местами до 50	I-2; на западе и юге до 3	0,5-2	0,0I-0,I; в периферийной части 0,I-0,3; на крайнем западе 0,5	То же, что и подрайона Iа. Сейсмичность 7 баллов	Та же, что и подрайона Iа
				Район II (Центрально-Молдавский)	
				Подрайон IIа (Кула-Чулкский)	
I00-200; на юге 300	2-3; на северо-востоке до I	От 0,5-2 до 4-6 и редко на юго-западе более 6	Более 0,5; на северо-западе 0,I-0,3	В верхней части разреза развит преимущественно глинистый тип грунтовой толщи. В сложении участвуют (сверху вниз): континентальные образования четвертичного возраста, представленные песчанистыми глинами, тяжелыми суглинками и супесями и редко песками; среднесарматские (местами меотические) тонкослоистые глины с прослойками песков. Сейсмичность 7 баллов	Грунтовые воды, спорадически развитые в песчано-глинистых и песчано-галечных отложениях, в поймах рек и балках залегают на глубине 0,5-2,5 м, в склонах долин - 2,5-3 м и в водоразделах - 5-I0 м и более; дебит колодцев - от 0,2-0,5 до I,5-2 м^3/ч; воды преимущественно гидрокарбонатно-сульфатно-натриевого типа с минерализацией до I,5 г/л. Первый от поверхности водоносный комплекс межпластовых подземных вод развит в средне- и верхнесарматских песчано-гравийно-галечных отложениях; дебит скважин - от I-3 до 5-I0 л/с; воды гидрокарбонатно-натриевого типа с минерализацией I-3 г/л

Подрайон II б (Кодринский)

200-300; местами более 300	I-2; на западе более 4	От 0,5-2 до 4-6; местами более 6	От 0,I-0,3 до 0,5 и более; 0,5 в Каларашском и Ниспоренском административных районах	В верхней части разреза развиты комплексы типов грунтовых толщ - преимущественно песчаные, глинистые и песчаные. В сложении этих типов грунтовых толщ участвуют (снизу вверх): средне- и верхнесарматские (местами и меотические) породы, представленные тонкослоистыми глинами и песками, и четвертичные образования суглинистого и глинистого состава на водоразделах и склонах. В днищах долин и балок четвертичные образования представлены суглинками, глинами, супесями и песками Сейсмичность 7 баллов	Грунтовые воды, спорадически развитые в четвертичных образованиях; в поймах рек и балках залегают на глубине 0,2-2,5 м, в склонах долин - 2,5-3 м, в водоразделах - 5-I0 м и более; дебиты колодцев - от 0,2-0,5 до 0,6-0,7 м³/ч в водоразделах и склонах долин и до I,5-2 м³/ч в поймах рек; воды по химическому составу характеризуются различными типами с минерализацией от 0,5-I до 3 г/л. Первые от поверхности водоносные комплексы межпластовых подземных вод развиты в средне- и верхнесарматских песчано-гравийно-галечных отложениях (в северной, большей части, подрайона) и песчано-глинистых и смешанных по зерновому составу породах (в южной части подрайона). Водообильность - от I-3 до 5-I0 л/с. Воды гидрокарбонатно-натриевого и гидрокарбонатно-кальциевого типов с минерализацией от 0,5-I до 3 г/л

Район III (Южномолдавской)

Подрайон III а (Чимишлийский)

I00-200	I-2; на северной западной и юго-западной окраинах до 3	2-4; на отдельных участках до 6 и местами более 6	0,0I-0,I и от 0,I-0,3 до 0,5 в северной, западной и южной окраинах подрайона	В верхней части распространен преимущественно глинистый тип грунтовой толщи, в сложении которой участвуют (сверху вниз): четвертичные образования - лессовидные средние и тяжелые суглинки и супеси; верхнесарматские, меотические и плиоценовые тонкослоистые глины с прослойками песков. Сейсмичность 8 баллов	Грунтовые воды, спорадически развитые в четвертичных образованиях, залегают на различных глубинах: в поймах рек на глубине 0,5-I м, в склонах долин - от 2-5 до 6 м, в водоразделах - I5-20 м и более; дебиты колодцев от 0,2-0,5 до 0,7 м³/ч в водоразделах и склонах долин и до I,5-2 м³/ч в поймах рек; воды относятся в основном к гидрокарбонатно-натриевому типу с минерализацией до I г/л, южнее широты г.Чимишлия воды, содержащие

Продолжение прил. I

Геоморфологическая характеристика				Геологическое строение территории	Гидрогеологическая характеристика территории
интенсивность расчленения рельефа		степень распространения на территории (количество на I км^2)			
глубина, м	густота, км на I км^2	оврагов	оползней		
					больше хлористых и сульфатных солей, относятся к хлоридно-сульфатно-натриевому типу с минерализацией до 2-3 г/л. Первые от поверхности водоносные комплексы межпластовых подземных вод развиты в песчано-гравийно-галечных, песчано-глинистых и в смешанных по зерновому составу породах верхнесарматского, меотического и плиоценового возрастов; дебиты скважин от I-3 до 5-I0 л/с; воды гидрокарбонатно-кальциевого типа с минерализацией от 0,5-I до 3 г/л
Подрайон III б (Тигечский)					
I00-200; в северной части до 300	I-2; в северной части 3	2-4; местами 4-6	0,I-0,3; на севере подрайона до 0,5	То же, что и подрайона IIIа. Сейсмичность 7 баллов на востоке, 8 баллов на юге	Та же, что и подрайона IIIа

Подрайон III в (Западно-Причерноморский)

100–200; на юге до 50	1–2; местами 2–3 и редко менее 1	От 0,5–2 до 6; на окраине юго-востока и юго-запада подрайона 0,01 и менее	От 0,01–0,1 до 0,3; на юго-восточной и юго-западной окраинах оползни не наблюдаются	То же, что и подрайона IIIа. Сейсмичность 8 баллов	То же, что и подрайона IIIа

Район IV (Приднестровский)

Подрайон IV а (Северный Приднестровский)

100–200; редко 200–300	1–2; в центральной зоне южной части 2–3	0,5–2; местами до 4–0,01	0,1–0,3; в восточной полосе 0,01; в центральных зонах северной и южной частей подрайона 0,3–0,5	В верхней части разреза развит в основном глинистый тип грунтовой толщи, сложенной (сверху вниз): четвертичными образованиями – лессовидными средними и тяжелыми суглинками (мощностью до 5 м); морскими плотными тонкослоистыми глинами, подстилаемыми в некоторых местах известняками среднесарматского возраста. Сейсмичность 6–7 баллов	Грунтовые воды, развитые в четвертичных образованиях спорадически, в поймах рек и днищах балок залегают на глубине 0,5–2 м, в склонах долин – 3–5 м; в водоразделах – до 10–15 м и более; дебиты колодцев редко превышают 0,5 м³/ч; воды преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-натриевого типа с минерализацией до 1 г/л, местами гидрокарбонатно-сульфатно-натриевого типа с минерализацией до 1,5 г/л. Первые от поверхности водоносные комплексы межпластовых подземных вод развиты в среднесарматских известняках и песчано-гравийно-галечных отложениях (в юго-западной части подрайона); дебиты скважин от 1–3 до 5–10 л/с (в юго-западной части подрайона); воды в основном гидрокарбонатно-смешанные по катионам с минерализацией от 0,5 до 1–3 г/л

Продолжение прил. I

Геоморфологическая характеристика				Геологическое строение территории	Гидрогеологическая характеристика территории
интенсивность расчленения рельефа		степень распространения на территории (количество на I км^2)			
глубина м	густота, км на Iкм^2	оврагов	оползней		
Подрайон IV б (Южный Приднестровский)					
I00-200	I-2; в юго-западной части подрайона до 3	0,5-2; на крайнем юго-западе подрайона до 4; местами редко 0,0I-0,5	0,I-0,3; в западной части 0,3-0,5; в полосе, примыкающей к долине Днестра 0,0I	В верхней части разреза развит в основном глинистый тип грунтовой толщи, в сложении которой участвуют (сверху вниз): четвертичные образования, представленные лессовидными средними и тяжелыми суглинками (мощностью до 5 м), глинами и супесями; верхнесарматские морские тонкослоистые глины, подстилаемые в некоторых местах известняками (а иногда песчаниками) и плиоценовые аллювиальные отложения - гравий, галечники, пески, супеси и глины. Сейсмичность 7 баллов	Та же, что и подрайона IVа
Подрайон IV в (Восточный Приднестровский)					
I00-200; на крайнем юго-востоке 50-I00	I-2; на крайнем юго-востоке - менее I	2-4; местами до 6 и 0,0I-0,5	От 0,0I-0,I до 0,3; на восточной окраине подрайона менее 0,0I	В верхней части разреза развит глинистый тип грунтовой толщи, в строении которой участвуют (сверху вниз): четвертичные образования - лессовидные средние и тяжелые суглинки (мощностью до 5 м); плиоценовые древнеаллювиальные образования - супеси, суглинки, глины, галечники, гравий и пески; верхне- и среднесарматские отложения - тонкослоистые глины и мергели, подстилаемые в некоторых местах известняками, песчаниками и песками. Сейсмичность 6 баллов	В основном та же, что и для подрайонов IV а и IV б. Однако водообильность водоносных комплексов подземных вод 5-I0 л/с; воды в основном гидрокарбонатно-натриевого типа с минерализацией 0,5-I г/л

Район V (Припрутский)

Подрайон V а (Североприпрутский)

I00–200	I–2; в южной части подрайона 2–4	от 0,I–0,5 до 2; в южной части подрайона 2–4	I–0,3; в южной части подрайона 0,3–0,5	В верхней части разреза представлен глинистый тип грунтовой толщи, в строении которой участвуют (сверху вниз): четвертичные образования – лессовидные средние и тяжелые суглинки (мощностью до 5 м), глины и супеси (местами с прослойками песка); среднесарматские тонкослоистые глины и мергели, подстилаемые местами известняками. Сейсмичность 7 баллов	Грунтовые воды, развитые в четвертичных песчано-глинистых образованиях спорадически, в поймах рек и днищах балок залегают на глубине 0,5–I м; в склонах долин – 2,5–5 м, в водоразделах – I0–I5 м; дебиты колодцев составляют соответственно I,5–2; 0,6–0,7; 0,2–0,5 м³/ч; воды гидрокарбонатно-кальциево-магниевые с минерализацией до I г/л. Первые от поверхности водоносные комплексы межпластовых подземных вод развиты в среднесарматских известняках и песчано-глинисто-карбонатных породах (на юге подрайона); дебиты скважин от I–3 до 5–I0 л/с; воды гидрокарбонатно-натриевые с минерализацией от 0,5–I до 3 г/л

Подрайон V б (Южноприпрутский)

I00–200	2–3; южнее широты пос. Кантемир I–2	0,5–2	От 0,I–0,3 до 0,5; на юго-западной и южной окраинах подрайона 0,0I–0,I и менее 0,02	В верхней части разреза представлен глинистый тип грунтовой толщи, в строении которой участвуют (сверху вниз): четвертичные образования – лессовидные средние и тяжелые суглинки мощностью до 5 м (до широты пос.Леушены) и мощностью от 5–I0 до I5 м и более к югу от пос.Леушены; средне- и верхнесарматские глины, мергели и пески, южнее широты пос. Лебово – плиоценовые глины и суглинки с прослойками песка. Сейсмичность 7–8 баллов (на юге)	Та же, что и подрайона Va

Продолжение прил.I

Геоморфологическая характеристика				Геологическое строение территории	Гидрогеологическая характеристика территории
интенсивность расчленения рельефа		степень распространения на территории (количество на 1 км^2)			
глубина, м	густота, км на 1км^2	оврагов	оползней		
Район VI (Днестровский)					
100-200; к северу от с.Маловата до г.Рыбница 200-300; к югу от пос.Крикуляны местами 50-100	1-2; к югу от с.Маловата менее 1	От 0,5-2 до 4; местами на отдельных участках 6 и более	0,01-0,1; местами менее 0,01	В верхней части разреза представлен глинистый тип толщи, в строении которой участвуют (сверху вниз): четвертичные образования - суглинки, глины и супеси мощностью 5-15 м и песчано-гравийно-галечниковые отложения мощностью 5-20 м; средне- и верхнесарматские (к югу от г.Дубоссары) тонкослоистые глины, мергели, известняки, пески. Сейсмичность 7 баллов	Грунтовые воды, развитые спорадически в четвертичных песчано-глинистых и песчано-гравийно-галечниковых отложениях, залегают на различных глубинах; в пойменных террасах они находятся на глубине 0,5-1 м, в надпойменных террасах - от 5 до 15 м; дебиты колодцев в пойменных террасах 1,5-2 м^3/ч, в надпойменных террасах 0,5-0,7 м^3/ч. Грунтовые воды по химическому составу весьма разнообразны; минерализация - от 0,5 до 1,5 г/л. Первые от поверхности водоносные комплексы межпластовых подземных вод развиты в средне- и верхнесарматских известняках; дебиты скважин от 3 до 5-10 л/с, к югу от с.Бычок 10-50 л/с; воды гидрокарбонатно-смешанные по катионам с минерализацией 0,5-3 г/л, южнее с.Шерпены - сульфатно-натриевые с минерализацией 1-3 г/л

50-100; местами до 200	I-2	От 0,01-0,5 до 2	К северу от с.Немцены - от 0,1-0,3 до 0,5; между Петрешты и Вале-Маре к югу от с.Немцены 0,01-0,1, местами менее 0,01	В верхней части разреза представлен преимущественно глинистый тип грунтовой толщи, в строении которой участвуют четвертичные образования - лессовидные средние и тяжелые суглинки (местами с прослойками пылеватых песков) мощностью 5-20 м и песчано-гравийно-галечниковые отложения мощностью 3-15 м; средне- и верхнесарматские тонкослоистые глины и мергели, на крайнем юге - плиоценовые отложения (пески, гравий и глины). Сейсмичность 7-8 баллов (на юге)	Грунтовые воды, развитые спорадически в четвертичных образованиях, в поймах рек залегают на глубине 0,5-1 м, в надпойменных террасах - от 5 до 20 м; дебиты колодцев соответственно 1,5-2 и 0,2-0,7 м³/ч; воды по химическому составу разнообразны, минерализация 0,5-1,5 г/л. Первые от поверхности водоносные комплексы межпластовых подземных вод развиты: в известняках (к северу от с.Прутень); в песчано-глинисто-карбонатных породах (между селами Прутень и Леово); в песчано-глинистых отложениях на крайнем юге; дебиты скважин 1-3 л/с (к югу от с.Леово - 0,5-1 л/с), воды гидрокарбонатно-натриевые с минерализацией 0,5-3 г/л

Формы нарушения устойчивости склонов (откосов)
для выбора расчетных схем и методов расчета (по СН 519-79)

Подтип и вид оползня	Геологические условия развития оползневого процесса	Скорость процесса	Характер нарушения устойчивости (механизм процесса)	Расчетная схема и рекомендуемые методы расчета
		Тип — оползни скольжения		
Оползни среза				
Срез с поворотом	Склоны или откосы, сложенные однородными глинистыми породами или слоистыми породами с горизонтальным или падающим в обратную сторону склона напластованием	Вплоть до весьма большой (м/мин)	Перемещение масс грунта или пород в пределах склона или откоса в виде отдельных блоков с некоторым поворотом вокруг горизонтальной оси по криволинейным поверхностям скольжения, иногда близким к круглоцилиндрическим	Круглоцилиндрическая поверхность скольжения. Методы К.Терцаги, Н.Янбу, Г.Шахуняца, Д.Тейлора и др.
Срез со скольжением	Склоны или откосы, сложенные однородными по составу, но различными по состоянию и прочности глинистыми породами	Вплоть до весьма большой (м/мин)	Плоско-параллельное перемещение масс грунта или пород в сравнительно однородной толще склона или откоса с отрывом и увлечением их на отдельные блоки	Схема плоских поверхностей смещения. Метод горизонтальных сил, метод проекций.
Оползни соскальзывания				
По контакту с наклонным основанием	Склоны или откосы, сложенные разнородными по составу и состоянию породами с падением слоев в сторону склона (откоса)	Вплоть до относительно большой (м/ч)	Плоско-параллельное смещение (сдвиг) по плоскостям напластования, разломов, древних смещений, скольжение пачек (массивов блоков) жестких пород по поверхностям ослабления	Схема плоских поверхностей смещения. Метод горизонтальных сил (Маслова-Берера) и наклонных сил Р.Р.Чугаева

По контакту с горизонтальным основанием	Склоны или откосы, сложенные разнородными по составу и состоянию породами, залегающими горизонтально или с малым падением в сторону	Относительно невысокая (м/сут)	Почти горизонтальное перемещение части склона (откоса) под воздействием бокового давления в виде блоков по контакту со слабыми прослойками или в их пределах	Схема плоских поверхностей смещения. Методы горизонтальных сил и равноустойчивого откоса
		Тип — оползни выдавливания		
Оползни сдвига и выпора грунта в основании				
Скол при просадке	Склоны или откосы с близким к горизонтальному залеганию слоев, когда в основании толщи относительно прочных пород залегает слой более слабых глинистых пород	Вплоть до весьма большой (м/мин)	Пластические боковые деформации раздавленных пород в слабом слое и их выдавливание под весом вышележащих пород. Вертикальное смещение пород верхней толщи с образованием стенки закола и системы трещин в голове оползня	Исключение развития пластических зон. Метод Соиздорнии; оценка напряженного состояния слабого слоя в основании склона (откоса); метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения с учетом прохождения поверхности смещения за подошвой склона (откоса)
		Тип — оползни вязкопластического течения		
Оползни вязкопластического смещения				
Оползание	Склоны, верхняя часть которых содержит значительные мощности делювиальных и элювиальных масс глинистых грунтов с низкими прочностными показателями	От очень медленной до весьма большой	Смещение делювиальных масс грунта или пород по контакту с элювиальными в их среде или по контакту с коренными породами без членения на блоки. Отсутствует поверхность смещения, секущая массив склона. Поверхность смещения, как правило, имеет произвольную форму, свойственную рельефу подстилающих пород	Учет деформаций ползучести. Метод Н.Н.Маслова

Продолжение прил.2

Подтип и вид оползня	Геологические условия развития оползневого процесса	Скорость процесса	Характер нарушения устойчивости (механизм процесса)	Расчетная схема и рекомендуемые методы расчета
Оползни-потоки				
Оползни глетчеровидной или грушевидной формы	Склоны, сложенные сравнительно прочными породами, перекрытыми относительно маломощным слоем менее прочных (со слабой степенью литификации и уплотнения), например делювиальных или сильновыветрелых коренных, а также оползневых накоплений	Относительно невысокая до весьма невысокой (м/сут)	Пластическое и пластически-вязкое течение переувлажненных глинистых масс по недеформированному склону с образованием русловой формы как характерной для данного типа оползней	Схема течения вязкой жидкости. Определение расчетной скорости смещения оползня-потока. Метод Н.Н.Маслова, метод К.Ш.Шадунца
Динамического разжижения	Наличие в склоне молодых глинистых отложений морского происхождения с высокой чувствительностью к динамическим воздействиям	Очень большая, вплоть до катастрофической	Течение разжиженных масс глинистых пород по склону в виде беспорядочного грязевого потока значительной ширины	Качественная оценка склонности грунтов оползневых накоплений к динамическому разжижению. Прогноз скорости смещения оползня-потока
Выветривания и выщелачивания	Наличие в склоне глинистых грунтов, резко снижающих свою прочность в результате физико-химического выветривания под воздействием погодно-климатических факторов и подземных вод, а также интенсивного выщелачивания	Очень большая, вплоть до катастрофической	То же	Качественная оценка склонности грунтов к потере прочности в результате выветривания и выщелачивания

Оплывы				
Оплывины	Склоны (откосы), сложенные покровными отложениями, чувствительными к физико-химическим процессам выветривания, а также при наличии сосредоточенных выходов грунтовых вод	Весьма невысокая	Поверхностное локальное отчленение масс грунта (пород) при резко выраженном их локальном переувлажнении. Отсутствует фиксированная геологическим строением толщи поверхность оползня или скольжения. Перемещение на незначительное расстояние по склону или откосу с расположением деформированного грунта в пределах поверхности	Прогноз образования оплывин в поверхностных слоях склонов и откосов; расчет по единичному элементу; расчет по сдвигу с упорной призмой; расчет по методу круглоцилиндрической поверхности скольжения.
Оплывы	Склоны (откосы) с имеющимися оползневыми формами типа оплывов, а также при наличии сильновыветрелых или склонных к быстрому выветриванию глинистых грунтов	Вплоть до относительно большой (м/сут)	Поверхностное течение локально переувлажненных масс грунта за пределы склона или откоса	Схема поверхностного течения вязкой жидкости. Прогноз скорости течения по единичному элементу
Тип — оползни глубинного вытекания				
Оползни гидродинамического выноса				
Оползни суффозионно-фильтрационные	Склоны или откосы, в водонасыщенных песчаных толщах которых имеются фильтрационные потоки; подтопляемые склоны (откосы)	Вплоть до весьма большой	Разрушение структуры песчаных пород при возникновении в них гидравлических градиентов; выпор или выплывание суффозионной массы грунтов, вовлекающих в движение породы перекрывающей толщи склона (откоса)	Качественная и количественная оценка опасности возникновения суффозии при расчетных горизонтах подземных вод и их напоров. Расчет на выдавливание. Метод Соколовского. Метод, использующий принцип угла наибольшего отклонения

Продолжение прил.2

Подтип и вид оползня	Геологические условия развития оползневого процесса	Скорость процесса	Характер нарушения устойчивости (механизм процесса)	Расчетная схема и рекомендуемые методы расчета
Оползни проседания	Склоны и откосы, сложенные пылеватыми или пылевато-глинистыми грунтами, обладающими просадочными свойствами. Увлажнение нижней части просадочной толщи, сопровождающееся лавинным разрушением структурных связей пород и резким снижением прочности	Вплоть до катастрофической	Просадка и последующее вязкое течение пород в нижней части просадочной толщи с образованием скола, проседания и смещения по склону (отросу) блоков вышележащих жестких пород с последующим их дроблением. Образование ломаной поверхности смещения: в верхней части склона (откоса)-вертикальной, а в средней и нижней - определяемой характером кровли несмещающихся пород	Качественная и количественная оценка степени просадки грунтов в основании склона (откоса). Расчетная схема - выдавливание и выпор грунта в основании, оценка напряженного состояния. Метод Союздорнии.
		Тип - оползни сложные		
	Склоны или откосы, представленные сложным напластованием пород различного генезиса, состава, состояния, при наличии дрезнеоползневых форм, фильтрационных потоков		Сочетание различных типов смещений, характерных для механизмов простых оползней	Расчетные схемы, соответствующие типам простых по механизму оползней и соответствующие им методы расчета.

Оглавление

Предисловие 3
1. Общие положения и основные понятия 5
2. Основные особенности инженерно-геологических условий территории Молдавской ССР 10
3. Инженерно-геологическая оценка местности при проектировании автомобильных дорог 13
4. Принципы выбора вариантов проложения трасс автомобильных дорог в условиях Молдавской ССР 35
Приложение 1. Характеристика инженерно-геологических районов Молдавской ССР 43
Приложение 2. Формы нарушения устойчивости склонов (откосов) для выбора расчетных схем и методов расчета (по СН 519-79) 52

x x
x

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ТЕРРИТОРИИ МОЛДАВСКОЙ ССР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Ответственный за выпуск инж. Е.И.Эппель
Редактор И.А.Рубцова
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор М.Я.Жукова

Подписано к печати 9/У1-1983. Л 74590. Формат 60x84/16.
Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Уч.-изд.л.-2,7.
Печ.л.-3,4+5 вклеек. Тираж 200. Заказ 96-3. Цена 42 коп.

Участок оперативной полиграфии Союздорнии
143900, Московская обл., г.Балашиха-6, ш.Энтузиастов,79