

РАЗВИТИЕ РЕЛЬЕФА ДОРОЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ И ЕГО УСТОЙЧИВОСТЬ

(на примере степных районов Нижнего Дона и Северного Кавказа)

В последние годы резко ухудшилась экологическая обстановка в пределах автомобильных дорог и на прилегающих к ним территориях. Такая ситуация определяется не только загрязнением атмосферы, почв и грунтов, поверхностных и грунтовых вод выхлопными газами и соединениями тяжелых металлов, но и глубоким преобразованием исходного рельефа. В результате проведения планировочных работ, сооружения насыпей, дамб, выемок и других техногенных форм рельефа происходит изменение направления поверхностного стока, подъем уровня грунтовых вод, подтопление как основания земляного полотна, так и прилегающих к дорогам территорий, изменение интенсивности и направленности экзогенных рельефообразующих процессов и др.

Если учесть, что минимальная необходимая протяженность сети автомобильных дорог в России должна составить 1,5 млн. км [1] (в настоящее время ее протяженность 922 тыс. км), а при их строительстве в зависимости от категории из землепользования иных видов (прежде всего сельскохозяйственного) изымается от 2 до 15 га земель на каждый километр [2], то становится очевидным, что в ближайшие годы площади экологически неблагоприятных дорожных ландшафтов значительно расширятся. Это связано не только с увеличением протяженности дорог, но и с повышением их качества, а также безопасности движения, для обеспечения которых в настоящее время увеличивают высоту насыпей, глубину выемок, ширину обочин и уменьшают крутизну откосов. Так, согласно СНиП 2.05.02.85 [3], заложение откосов дорожных насыпей высотой до 3 м на дорогах 1–3-й категорий назначают не круче 1 : 4, а для дорог остальных категорий – 1 : 3, и только лишь на ценных землях допускается увеличение крутизны до 1 : 1,5. Такая тенденция не исключает и дальнейшего увеличения площадей отвода под строительство и реконструкцию автодорог.

Практика показывает, что активизация рельефообразующих процессов и, как следствие этого, повышение экологической напряженности связаны в основном с изменением устойчивости форм техногенного рельефа во времени, поэтому в настоящее время возникла необходимость в изучении динамики этих форм в процессе их функционирования.

В данной статье приведены результаты исследования рельефа дорожных ландшафтов степных районов Нижнего Дона и Северного Кавказа (3-я и 4-я дорожно-климатические зоны). Для исследуемого региона характерны две группы форм рельефа: 1) техногенные, созданные при прямом воздействии человека в процессе сооружения автомобильных дорог; 2) техногенно-природные, сформировавшиеся в результате воздействия природных и антропогенных факторов на техногенный рельеф. Все формы техногенного рельефа подразделяются на насыпные и выработанные, техногенно-природного – на денудационные и аккумулятивные (табл. 1).

Морфология и морфометрия техногенных форм в большой степени зависят от расчлененности природного рельефа и категории дороги. Так, ширина полосы отвода под строительство автодороги в зависимости от ее категории, высоты насыпи или глубины выемки составляет в среднем от 20 до 40 м, а для многополосчатых автомагистралей – 150 м и более [2]. Кроме того, значительное влияние на геометрические параметры форм техногенного рельефа оказывают и другие факторы. Например, возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова в зависимости от категории дороги варьирует от 0,4 до 1,2 м, крутизна откосов насыпей и выемок зависит от физико-механических и других свойств грунтов.

Основные формы рельефа дорожных ландшафтов

Группы форм рельефа			
техногенные		техногенно-природные	
насыпные	выработанные	аккумулятивные	денудационные
Насыпи, дамбы, полунасыпи, кавальеры, банкеты и др.	Выемки, полувыемки, кюветы, нагорные каналы, боковые каналы и др.	Конусы выноса временных русловых потоков. наплывы и др.	Эрозионные борозды, промоины, суффозионные воронки, вымоины и др.

Образование форм техногенно-природного рельефа в пределах исследуемой территории связано в основном с развитием эрозионно-аккумулятивных, оползневых и суффозионно-просадочных процессов.

Эрозионно-аккумулятивные процессы проявляются в виде плоскостного (площадного) смыва и линейного размыва, а основными факторами их развития являются как природные, так и антропогенные. Следует отметить, что плоскостной смыв преобладает над линейным размывом. Это связано с незначительной высотой склонов и откосов, не обеспечивающей концентрацию воды для развития линейной эрозии, и с широким развитием легкоразмываемых лёссовидных суглинков [4].

Из форм рельефа, созданных временными русловыми потоками, наибольшее развитие получили эрозионные борозды и промоины. В связи с тем что почвенно-растительный слой в пределах дорожных ландшафтов слабо выражен, а часто и вовсе отсутствует, глубина этих форм, как правило, соответствует мощности легкоразмываемой выветрелой зоны, которая, например, на откосах длительно эксплуатируемых насыпей и выемок не превышает 30–40 см. В местах, где по каким-либо причинам создаются условия для увеличения водосборной площади (подходы к мостовым переходам и др.), на откосах насыпей и выемок могут развиваться промоины, имеющие глубину до 150 см и ширину до 200 см [5].

Развитие оползневых процессов чаще всего отмечается на участках дорог, расположенных в полкѣ или в глубоких выемках. Основные причины их развития – сложные инженерно-геологические условия и завышенная крутизна откосов. Например, после четырех лет эксплуатации автомобильной дороги Минеральные Воды (аэропорт) – Кисловодск на откосе глубокой выемки (до 14 м) возник пластический оползень длиной 200–220 м и шириной в средней части около 110 м. Исследования показали, что основными причинами его образования явились потеря породами, слагающими основание выемки, прочностных свойств в результате процессов набухания – усадка и завышенная крутизна откоса [6].

На откосах дорожных насыпей, сложенных, как правило, однородными грунтами, оползневые процессы широкого развития не получили. Размеры оползней здесь невелики. Их площадь редко превышает 5–7 м².

Широкое распространение в пределах исследуемой территории легкоразмываемых лёссовидных суглинков, высокая засоленность отдельных видов пород и другие факторы, в том числе и техногенные, способствуют развитию суффозионно-просадочных процессов. Наиболее ярко эти процессы выражены вдоль бровок откосов выемок и насыпей. В результате попадания в усадочные трещины дождевой воды происходит формирование сосредоточенных путей фильтрации. Со временем вода находит себе выход на верхних или средних частях откосов и по мере выноса мелких частиц и выщелачивания легкорастворимых солей в приоткосных неуплотненных или слабоуплотненных участках насыпей и выемок образуются полости, ориентированные от обочины к откосу. При выпадении большого количества осадков на месте трещин

**Основные условия и причины развития современных геоморфологических процессов в пределах
дорожных ландшафтов**

Современные геоморфологические процессы	Условия (факторы) и причины развития	
	природные	антропогенные
Эрозионно-аккумулятивные	Легкоразмываемые лёссовидные породы, низкая противозерозионная устойчивость почв, ливневый характер осадков, интенсивное снеготаяние, крутизна и экспозиция склонов и др.	Крутизна, длина и форма откосов, отсутствие водозадерживающих сооружений и водоперепускных труб, некондиционное укрепление откосов и др.
Оползневые	Чередование водоносных и водоупорных пород, неглубокое залегание грунтовых вод, суффозионные и водноэрозионные процессы и др.	Подрезка склонов и откосов, вибрация от движущегося транспорта, планировка откосов, уничтожение растительного покрова и др.
Суффозионно-просадочные	Высокопористые лёссовидные породы, высокая пылеватость и засоленность пород и др.	Несвоевременная заделка трещин на обочинах, отсутствие водоотводных сооружений и др.

формируются воронки размером в поперечнике 0,2–0,5 м и глубиной до 0,2–0,3 м. Необходимо заметить, что суффозионно-просадочные процессы играют существенную роль в активизации оползней.

Многoletние полевые исследования позволили автору выделить основные условия и причины развития современных геоморфологических процессов в пределах дорожных ландшафтов исследуемой территории (табл. 2) под воздействием природных и антропогенных факторов. Если антропогенные факторы, связанные в основном с нарушением технологии дорожного строительства и эксплуатации или использованием в процессе проектирования недостаточно надежных расчетных схем, характерны для всех морфоклиматических зон, то перечисленные в табл. 2 природные – лишь для дорожных ландшафтов исследуемого региона (в других зонах ведущими природными факторами могут быть иные). Так, на п-ве Ямал основными природными условиями развития геоморфологических процессов в пределах дорожных ландшафтов являются слабая задержанность, сезонное пучение, термокараст и др. [7].

Из изложенного выше очевидно, что одна из главных задач дорожного строительства – создание таких форм техногенного рельефа, которые способны сохранять свою морфологическую структуру и функции под воздействием природных факторов. Для этого, на наш взгляд, в основу прогнозной оценки устойчивости форм и элементов техногенного рельефа наряду с традиционными инженерно-геологическими исследованиями следует включать и геоморфологические, сущность которых будет заключаться в проведении анализа рельефа и рельефообразующих процессов в пределах строящихся и функционирующих автомобильных дорог с целью верификации качества прогноза.

Ниже изложены некоторые результаты исследований устойчивости дорожных насыпей, сложенных глинистыми грунтами и эксплуатируемых в течение 10 лет и более. Одним из необходимых условий проведения этих исследований являлись комплексные регулярные наблюдения за устойчивостью откосов насыпей, которые, как известно, являются наиболее уязвимыми и функционально значимыми элементами техногенного рельефа, поэтому оценка их устойчивости занимает одно из важнейших мест в процессе составления проектной документации. Анализ современного состояния дорожных ландшафтов показывает, что устойчивость откосов в зависимости от их

динамики может снижаться или повышаться. Следовательно, данные расчетов устойчивости, основанные на законах механики грунтов и выполненные для откосов, имеющих определенный морфологический облик, не совпадают с действительностью. Развитие процессов рельефообразования вызывает перераспределение напряжений в приоткосных частях, и устойчивость откосов в зависимости от изменения профиля повышается или понижается. На этом основании Л.Г. Балаев и др. [8] указывали, что как бы совершенны ни были расчеты, их результаты могут лишь приблизительно, в общих чертах помочь представить картину изучаемого явления.

Многолетние натурные исследования позволили с общих позиций проанализировать развитие откосов дорожных насыпей во времени. С момента сооружения насыпи на уплотненной поверхности откосов, имеющей, как правило, прямой профиль, происходит интенсивный процесс выветривания и формирование рыхлого чехла с пониженным сцеплением частиц. В условиях интенсивного снеготаяния или ливневых осадков происходит постепенное сползание выветрелого грунта по уплотненной выветрелой поверхности и аккумуляция его в пределах подошвы насыпи или в кювете. В процессе сноса продуктов выветривания усадочные трещины, которые способствуют физическому выветриванию, постепенно кольматируются пылеватыми и глинистыми частицами и наступает временная стабилизация до выветривания очередного слоя, уплотненного в процессе сооружения насыпи грунта, и перемещение его к базису денудации. Таким образом, в развитии откосов четко просматривается прерывистая денудация, описанная Б.П. Агафоновым [9] для природных склонов.

В результате развития процессов денудации – аккумуляции происходит некоторое повышение базиса денудации и снижение интенсивности сноса и соответственно скорости выветривания в пределах средней части откоса. Прибровочная же часть откоса, являясь основанием хорошо укрепленной обочины, испытывает менее интенсивное выветривание и мало изменяет свою морфологию. Таким образом, прямой профиль откосов дорожных насыпей, испытывая воздействие природных факторов, постепенно преобразуется в вогнутый. Иными словами, развитие процессов денудации – аккумуляции в первые годы функционирования дорожных насыпей приводит к формированию относительно устойчивого профиля откосов, способствующего повышению устойчивости насыпи. Функцию переформирования прямого профиля в вогнутый, как и в природных склонах, осуществляют обратные связи. В качестве положительного литопотока выступают процесс выветривания грунтов и образование рыхлого материала, способного к перемещению, в качестве отрицательного – денудация.

Факт повышения устойчивости откосов исследуемых насыпей по мере преобразования их профиля подтверждается и количественной оценкой. Расчеты, проведенные по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения, показали, что сумма сдвигающих сил при этом снижается, а коэффициент запаса устойчивости повышается [10].

Подводя итоги изложенному, можно утверждать, что устойчивость рельефа дорожных ландшафтов обеспечивается не только системой антропогенных (техногенных) мероприятий (регулированием), но и механизмами саморегулирования, которые выражены процессами денудации – аккумуляции. Особенно это заметно на начальных этапах функционирования автомобильных дорог, когда в результате воздействия природной среды происходят активизация этих процессов и преобразование элементов и форм техногенного рельефа. Эти преобразования, выражающиеся в пространственном перемещении грунтовых масс, приводят к установлению динамического равновесия, а следовательно, и к повышению устойчивости земляного полотна. Иными словами, в этот период происходит сложный процесс формирования новых антропогенных форм рельефа с одновременным изменением облика существующих [11].

В некоторых случаях деятельность дорожно-эксплуатационных служб по планировке и укреплению поверхности откосов приводит к нарушению установившегося

динамического равновесия и активизации процессов денудации – аккумуляции. Так, профилирование откосов насыпей и полосы отвода не дают сформироваться на их поверхности травяному покрову, что способствует развитию поверхностного смыва грунта [12].

Таким образом, для повышения достоверности прогноза устойчивости рельефа дорожных ландшафтов необходимы стационарные и экспериментальные исследования в пределах строящихся в функционирующих автодорог. Эти исследования помогут и в проектировании мероприятий по защите откосов земляного полотна от эрозии и склоновых процессов [13]. Например, принимая во внимание динамику откосов насыпей или выемок во времени, можно разработать целесообразные сроки укрепления их почвенным покровом, решетчатыми конструкциями, геотекстильными и биотекстильными материалами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация // Автомобильные дороги. 1998. № 7. С. 42–43.
2. *Евгеньев И.Е., Савин В.В.* Защита природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1989. 238 с.
3. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. Госстрой СССР. М.: ЦИТМ Госстроя СССР, 1986. 56 с.
4. *Иванов Н.Н.* Особенности развития эрозионных процессов на откосах земляного полотна автомобильных дорог // Геоморфология. 1988. № 2. С. 39–42.
5. *Иванов Н.Н.* О возможности использования результатов исследования современных эрозионных процессов для проектирования автомобильных дорог // Изыскания и проектирование автомобильных дорог и мостовых переходов. М.: Изд-во ГипродорНИИ, 1989. С. 17–22.
6. *Иванов Н.Н.* Антропогенные геоморфологические процессы на автомобильных дорогах Северного Кавказа // Изв. СК НЦВШ. Естест. науки. 1988. № 4. С. 35–38.
7. *Малкова Г.В.* Экзодинамические процессы на строящейся трассе железной дороги "Обская – Бованенково" // Изв. Рус. Геогр. О-ва. 1997. Т. 129. Вып. 5. С. 55–59.
8. *Балаев Л.Г., Когина П.Я., Марков К.С. и др.* Натурные исследования – основа технических решений и прогноза в мелиорации // Гидротехника и мелиорация. 1978. № 1. С. 2–6.
9. *Агафонов Б.П.* Развитие склонов в свете концепции прерывистой денудации и аккумуляции // Геоморфология. 1996. № 1. С. 3–11.
10. *Иванов Н.Н.* Опыт оценки устойчивости антропогенного рельефа (на примере дорожных насыпей) // Инженерно-географические проблемы современности. СПб., Изд-во РГО, 1995. С. 48–49.
11. *Молодкин П.Ф.* О некоторых общих закономерностях антропогенного рельефообразования // Инженерно-географические проблемы современности. СПб., Изд-во РГО, 1995. С. 14–15.
12. *Каменев А.М.* Защита откосов земляного полотна от эрозии в засушливых районах // Автомобильные дороги. 1985. № 2. С. 13–14.
13. *Калантаров О.К., Девяткин А.Е., Каневский М.З. и др.* Методы защиты откосов автомобильных дорог и инженерных сооружений от эрозии и склоновых процессов // Геоморфология. 1999. № 1. С. 33–42.

Ростовский государственный университет
Геолого-географический факультет

Поступила в редакцию
02.02.2001

LANDFORMS STABILITY AND DEVELOPMENT IN THE ROAD LANDSCAPE (THE LOW DON STEPPE AND NORT CAUCASUS AS AN EXAMPLE)

N.N. IVANOV

S u m m a r y

Technogenic landforms are one of the main factors of bad environmental situation in the road landscapes. The constructing of banquettes, ditches etc. cause the changes of type and intensity of exogenic processes, the redistribution of the runoff, the rise of groundwater table and the appearance of processes not incident to the territory. The accumulation and denudation processes change the stability of the landforms. The methods of evaluation of such stability may be improved by analysis of dynamic running of relief.