УДК 624:69

DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-1-193-204

Э.М. КАРИМОВ,
Ошский технологический университет

ВЛИЯНИЕ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ V ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ КЫРГЫЗСТАНА

В статье представлены результаты исследований деформаций земляного полотна, приводящих к потере устойчивости дорожной конструкции на участке автомобильной дороги Ош – Исфана, находящемся в южном регионе Кыргызстана. Увлажнение грунтов откосной части земляного полотна происходит в основном за счёт атмосферных осадков, поэтому в работе отражена взаимосвязь между просадочными деформациями земляного полотна и атмосферными осадками в условиях V дорожно-климатической зоны. Исследованиями выявлено влияние влажности грунтов на их физико-механические характеристики, а также определены критические значения влажности для каждого исследуемого участка грунта по глубине, на котором может произойти деформация. На обследованном участке автомобильной дороги определены геологическое строение и некоторые параметры физико-механических свойств грунтов. В работе отражены оценка и прогнозирование просадочных явлений. Результаты исследований будут полезны при проектировании и реконструкции автомобильных дорог, имеющих сложные геологические условия на территории Республики Кыргызстан.

Ключевые слова: автомобильная дорога; земляное полотно; глинистые грунты; влажность грунта; просадка; деформация; атмосферные осадки; расчетный период; водно-тепловой режим; критическая влажность.

Для цитирования: Каримов Э.М. Влияние водно-теплого режима на техническое состояние земляного полотна автомобильных дорог в условиях V дорожно-климатической зоны Кыргызстана // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 1. С. 193–204.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-1-193-204

E.M. KARIMOV,
Osh Technological University

IMPACT OF WATER AND TEMPERATURE CONDITIONS ON SUBGRADE IN ROAD-BUILDING CLIMATIC ZONE V IN KYRGYZSTAN

This paper presents research results of subgrade deformations leading to the loss of road stability on the Osh-Isfana road section in the South of Kyrgyzstan. The soil humidity of the sloping subgrade area occurs due to precipitation, so the paper considers the relationship between the subgrade settlement and atmospheric precipitation in the road-climatic zone V. The influence of the soil humidity on its physical and mechanical properties are determined as well as the critical values of humidity for each investigated area, when deformation can occur. The geological structure and parameters of physical and mechanical properties of soils are determined in the road section at issue. Subgrade settlement is evaluated and predicted in this work. The results can be used in road design and reconstruction with regard to the geological conditions of the Kyrgyz Republic.

Keywords: road; subgrade; clay soil; soil humidity; settlement; deformation; precipitation; base period; water and temperature conditions.

For citation: Karimov E.M. Vliyanie vodno-teplovogo rezhima na tekhnicheskoe sostoyanie zemlyanogo polotna avtomobil'nykh dorog v usloviyakh V dorozhno-klimaticheskoi zony Kyrgyzstana [Impact of water and temperature conditions on subgrade in road-building climatic zone V in Kyrgyzstan]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 1. Pp. 193–204.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-1-193-204

Хорошо известно, что одной из основных причин формирования местных просадочных деформаций является вода и вызванное ею переувлажнение грунтов. При избыточном увлажнении прочность и плотность грунтов снижаются, что обуславливает уменьшение сопротивляемости дорожных конструкций к нагрузкам от автотранспорта. Исследование просадочности грунтов имеет большое практическое значение при проектировании линейных сооружений на лёссовидных грунтах.

Обследованный участок дороги находится в V дорожно-климатической зоне (ДКЗ) Республики Кыргызстан. Наиболее важные метеорологические факторы для V ДКЗ показаны на рис. 1 и 2. Основной чертой ландшафта, характерной для условий V ДКЗ, является его ступенчатое строение, т. е. ярусность по вертикали. Межгорные равнины оконтуриваются зоной низких предгорий. Юг Кыргызстана является частью туранской фации, расположенной на абсолютных высотах 500–5000 м над уровнем моря. Почвообразующими породами межгорных долин, на которых сформировались серозёмы туранские, являются лёссовидные суглинки, конгломераты и галечники четвертичного периода, в составе которых имеются карбонаты и другие легкорастворимые соли. На склонах гор, окружающих Ферганскую долину, преобладают древние палеозойские породы, состоящие в основном из известняков, сланцев и песчаников. Здесь чётко проявляется высотная поясность почвенного покрова. В Ферганской долине серозёмы занимают почти все равнинные пространства и предгорья. Это связано с расположением территории Южного Кыргызстана в субтропическом климатическом поясе, где атмосферные осадки выпадают в основном в весенний и осенний периоды года. Поэтому зима умеренно тёплая, а лето очень жаркое и засушливое. Эта дорожно-климатическая зона характеризуется засушливым климатом и засоленными грунтами, также включает в себя пустынно-степную и пустынную естественно-историческую зоны. Расположена она в значительной своей части на азиатской территории [1]. В зависимости от степени увлажнения суглинистые грунты могут находиться в твердом, пластичном или текучем состоянии. Отражённые характеристики климата необходимо учитывать при обосновании возможности строительства на глинистых грунтах. Влагоемкость грунтов, т. е. то количество воды, которое грунт удерживает в себе во взвешенном состоянии в основном капиллярными силами, также различна в грунтах, характерных для V ДКЗ, причем в суглинках она в три раза выше, чем в песках. Вододерживающая способность грунтов различна: глинистые грунты удерживают до 91,5 % влаги, в то время как песчаные грунты только 6,5 % (супеси имеют

промежуточное значение – 42,7 %) [2]. Отсюда можно сделать вывод, что покровные отложения, состоящие из суглинков, быстро переувлажняются и, следовательно, теряют несущую способность.

В гидрогеологическом отношении территория V ДКЗ Республики Кыргызстан характеризуется распространением подземных вод в лёссовых толщах и аллювиальных отложениях, залегающих на различных глубинах. Увлажнение грунта на обследуемом участке происходит только за счет инфильтрации атмосферных осадков.

В слоях дорожной одежды и земляного полотна одновременно происходит несколько процессов: теплообмен увлажненного материала с приземным воздухом, диффузия пара и воды в порах материала, влагообмен между дорожным покрытием и приземным воздухом, инфильтрация осадков через трещины в одежду и полотно, инфильтрация воды в полотно со стороны обочины и др. [3].

Особенности распределения атмосферных осадков в Кыргызстане определяются его месторасположением в глубине обширного материка, а также сложностью горного рельефа. При этом важную роль в их распределении по территории играют орографические условия [4–6]. В связи с этим отмечаем, что распределение атмосферных осадков на территории весьма неравномерное. Отдельные районы получают значительное количество влаги (1500 мм в год). В ряде районов количество атмосферных осадков невелико (150–200 мм в год).

Основная характеристика количества атмосферных осадков – их годовая сумма. Однако этой характеристики недостаточно: необходимо знать и внутригодовое распределение осадков, которое может быть очень различным, что влияет на величину и режим атмосферного увлажнения почвы [7]. Выпавшая сумма осадков в виде графического изображения за 2018 г. приведена на рис. 1. Из графика видно, что на летние месяцы приходится минимум осадков или они почти отсутствуют, а максимальное количество осадков приходится в основном на апрель и май.

Долинно-предгорный пояс, имеющий высотные отметки от 500–600 до 900–1200 м, характеризуется жарким летом (до 28 °С), умеренно-прохладной и бесснежной зимой с большим дефицитом осадков. Этот пояс, особенно в Приферганье, имеет черты субтропического климата. Средняя температура июля +20...25 °С, января –4...–7 °С. Предельно высокая температура летом достигает 44 °С, с ростом высоты уменьшается до 27...30 °С. Абсолютные минимумы зимой составляют –22...–30 °С, местами –40 °С. Годовая температура в V ДКЗ в графическом виде приведена на рис. 2. Дорожное полотно на изучаемом участке автомобильной дороги сложено лёссовидными суглинками аллювиально-пролювиальными средне-верхне-четвертичного возраста (арQ₂₋₃) с прослоями и линзами песков различной крупности, а также насыпными грунтами глинисто-песчаного состава (tQ₄). Толщина слоев превышает 10 м. Лёссовидные суглинки маловлажные, твердые, высокопористые, сильнопросадочные при замачивании. Местами в толще суглинков наблюдается косая слоистость с падением на север-северо-западном направлении.

Рис. 1. График изменения количества атмосферных осадков на 2018 г. в Наукатском районе Ошской области

Рис. 2. График изменения температуры воздуха на 2018 г. в Наукатском районе Ошской области

При первичном строительстве дороги (50-е гг. прошлого столетия) осуществлены работы по подготовке дорожного полотна на склоне с образованием выемки и насыпи в глинистых грунтах. При этом часть дорожного полотна, вдоль оси дороги, приходится на искусственное основание, представленное насыпными грунтами (tQ_4) суглинисто-песчаного состава.

В процессе строительства естественные грунты подвергаются различным воздействиям (перемещение, смешивание, уплотнение, увлажнение или высушивание и т. д.), становятся техногенными и существенно меняют свои свойства [8]. 23-й километр автомобильной дороги Ош – Исфана реконструирован в 2014 г. При реконструкции дороги созданы отрезки дорожного полотна с относительно свежими насыпями, которые не были уплотнены должным образом, с соблюдением технологии укладки искусственных оснований. С 2014 по 2017 г. на изучаемом участке дороги произошли просадочные деформации дорожного полотна, выявленные с помощью проведённых инженерно-геологических и инженерно-геодезических изысканий [9, 10]. Эти деформации были вызваны замачивающим воздействием инфильтрируемых ливневых и талых вод на просадочные и насыпные грунты. С 2018 г. на участке наблюдалось отсутствие деформаций на теле откоса. Основываясь на результатах выполненных инженерно-изыскательских работ, пришли к выводу о том, что с этого времени наступил период стабилизации.

Условие обеспечения стабильности свойств искусственно уплотненного грунта – это сохранение во времени достигнутых в результате уплотнения показателей физико-механических, водно-физических и криогенных свойств [11]. Приведенные в табл. 1, 2 результаты проведённых в 2018 г. исследовательских работ можно считать показателями послестабилизационного периода.

Таблица 1

Основные характеристики физико-механических свойств

Наименование места отбора	Интервал отбора, м	Удельный вес, т/м^3	Плотность, т/м^3	Плотность в сухом состоянии т/м^3	Природная влажность, %	Степень влажности	Пористость, %	Коэффициент пористости	Влажность на границе текучести, %	Влажность на границе раскатывания, %	Число пластичности, %	Показатель текучести	Плотность соответств. полному водонасыщению, %
		γ	ρ	ρ_d	W	S_r	n	e	W_T	W_P	I_P	I_L	W_{saf}
ш1	0,70	2,71	1,28	1,17	9,7	0,20	56,8	1,31	29,5	18,2	11,6	< 0	1,68
	1,30	2,72	1,21	1,12	7,9	0,15	58,8	1,42	30,2	16,8	13,4	< 0	1,65
	1,70	2,72	1,31	1,19	10,8	0,21	56,3	1,28	29,9	17,8	12,1	< 0	1,70

Таблица 2

Статические прочностные характеристики грунтов

Наименования материалов	Угол внутреннего трения, град	Удельное сцепление, МПа	Коэффициент трения
Суглинок тверд.	32	0,4	0,625
Суглинок тверд.	25	0,233	0,575

При оценке местной устойчивости откосов горных дорог определяющими факторами являются крутизна склона и откоса, экспозиция склона, влажность грунта, гранулометрический состав грунта, плотность грунта, прочность грунта, температурные колебания воздуха [12].

К основным сооружениям, наиболее подверженным воздействию климатических условий, относятся: земляное полотно, дорожная одежда, водоотводные сооружения, путепроводы, тоннели и подпорные стенки, которые обеспечивают эксплуатацию дороги в любых природно-климатических условиях. Глубокое различие теплообеспеченности и увлажненности рассмотренных поясов обуславливает формирование различного сочетания зонально-геологических факторов в их границах и определяет принципиальное различие инженерно-геологических условий этих территорий [13].

На поврежденных деформациями участках откосов дороги пробурены скважины, пройдены шурфы, отобраны образцы грунтов ненарушенной структуры (монолиты) на различных глубинах (показаны на рис. 3) и проведены лабораторные испытания на базе Ошского филиала ОАО «Институт Кыргыз ГИИЗ». Чтобы судить о размерах будущей осадки грунта, установлена зависимость изменения пористости грунта от испытываемого им давления (табл. 3). Исследование зависимости выполнено лабораторным методом в соответствии с ГОСТ 23161–2012. Выявление просадочности грунтов имеет большое практическое значение при проектировании различных сооружений на лёссовидных грунтах. Так для исследования компрессионных свойств грунта применяли компрессионный прибор КПП-1.

С точки зрения проектирования ремонтных работ представляет интерес изучение физико-механических свойств грунтов на глубине в среднем 1,5–2,0 м, поэтому в табл. 2 приведены статические прочностные характеристики этого слоя грунта. Верхний слой грунтов примерно до глубины 1,00 м в изучаемом районе претерпевает изменения в течение года. Воздействие как положительных, так и отрицательных температур отражается на сезонном изменении влажности и плотности.

Наименьшие значения деформационных и прочностных характеристик наблюдаются в апреле – мае, когда заканчивается влагонакопительный период года, как показано на рис. 1. В это время дорожная конструкция обладает наименьшей прочностью, поэтому в табл. 1 приводятся данные, полученные путем лабораторных испытаний в мае 2018 г. Данный период принимается за расчетный в работе дорожной одежды.

Рис. 3. Процесс отбора монолитов глинистого грунта из откосной части земляного полотна для последующих лабораторных испытаний

Таблица 3

**Расчет суммарной величины просадки грунта от собственного веса
для определения типа грунтовых условий по просадочности**

№№ порядковые	Шурф №1 май											
	Интервал отбора монолитов, м	Мощность выделенного слоя, Н в см	Коэффициент пористости, e	Плотность в сухом состоянии, ρ^d , т/м ³	Плотность водонасыщ. грунта ρ_{sat}	Давление на водонасыщ. грунт от собствен. веса $P=Q_{zg}$, кПа (кгс/см ²)	Давление на водонасыщ. грунт от собствен. веса в середине слоя	Относит. просадочность грунта при давл. от собствен. веса и полном водонасыщ. E_{sl}	Толщина зоны просадки от собс. веса грунта, h_{sig}	Относительная просадочность j го слоя E_{slj}	Просадка от собствен. веса кажд. выделен. слоя грунта, S_{sl} , 2см	Тип грунтовых условий по просадочности
1	0,7	100	1,316	1,17	1,68	0,084	0,042	-	-	-	-	
2	1,3	60	1,429	1,12	1,65	0,099	0,217	0,005	6	0,011	0,06	
3	1,7	40	1,286	1,19	1,70	0,068	0,301	0,026	40	0,020	0,80	
4												
5										Сумма:	0,86	I

График изменения относительной просадочности по глубине шурфа № 1

Значительная часть влаги, поступившей в почву, возвращается обратно в атмосферу в парообразном состоянии. Этот возврат может происходить путем испарения. Процессы испарения в общем виде следует рассматривать в связи с тепловым балансом.

Количество тепла, которое расходуется на нагревание почвы (годовой теплооборот), находится в прямой зависимости от годовой амплитуды температуры воздуха (табл. 4).

Таблица 4

Годовой теплооборот [7]

Амплитуда температуры воздуха, °С	10	15	20	25	30	40	50
Теплооборот (сумма расхода и прихода) почвы, ккал/см ²	1,8	2,8	3,7	4,6	5,5	7,7	9,2

Как показано на рис. 2, до середины мая повышается суммарное количество осадков, которое превышает сумму испарения, а с начала июня устанавливается обратное соотношение. После достижения максимальной величины в начале мая показатели влажности грунта начинают быстро уменьшаться [7].

Исходя из анализа общей картины природно-климатических условий, можно сделать вывод, что наряду с суммарной солнечной радиацией, температурой воздуха, направлением и скоростью ветра показатели влажностного режима относятся к числу наиболее важных климатических факторов, воздействие которых на инженерные сооружения различного назначения оказывается значительным [14]. В весеннее время дорожные конструкции подвергаются различным деформациям, связанным с оттаиванием грунтов земляного полотна, при этом грунты в этот период являются наиболее увлажненными и разуплотненными. Инсоляция и нагрев поверхности дороги весной создают поток тепла, проникающий в дорожную конструкцию, который приводит к постепенному просыханию самых верхних слоев земляного полотна. При этом до полного оттаивания влажность талого грунта резко возрастает, плотность его уменьшается, снижаются деформационные (модуль упругости) и прочностные характеристики (угол внутреннего трения и сцепления). Интервал отбора проб грунта в течение календарного года подбирали в зависимости от глубины проникновения влаги (см. табл. 1). Анализ свойств образцов показал следующее: интервал изменения влажности грунта при глубине 0,70 м составил 9,7 %, в интервале глубин 0,70–1,30 м – 7,9 % и 10,8 % при глубине 1,70 м и более. Таким образом, выявлены интервалы глубин, где обязательно должны быть соблюдены требования, обеспечивающие регулирование водостока, а именно разработаны и установлены водосточные и водоотводящие устройства и системы.

Природная влажность грунтов V ДКЗ колеблется по сезонам года в довольно значительных пределах в соответствии с водно-тепловым режимом данного района. По мере заполнения пор водой сопротивляемость грунта нагрузкам уменьшается, и по достижении полного заполнения, что соответствует влажности верхнего предела пластичности, сопротивление грунта является минимальным.

Влажность является критической величиной в водном режиме грунта и входит в расчетные формулы по определению прочности и водостойкости земляных сооружений. Эта же влажность, как и максимальная молекулярная влагоемкость, является функцией гранулометрического состава грунта и степени насыщенности его поглощающего комплекса [15].

Критическую влажность можно определить по формуле [16]

$$W_{кр} = W_t - (0,2-0,7)I_p,$$

где W_t – влажность грунта в текущем состоянии; I_p – число пластичности.

Эти расчеты позволяют прогнозировать степень устойчивости склонов, сложенных лёссовидными грунтами, при комплексной нагрузке на которые возводят гидротехнические, горнорудные, жилищные, дорожные и другие сооружения [16].

Для каждой глубины грунта (см. табл. 1) определяем критическую влажность:

$$\begin{aligned}
& \text{– для } 0,7 \text{ м} \quad W_{кр} = W_T - (0,2-0,7)I_P = 29,5 - 0,2 \cdot 11,6 = 27,18, \\
& \quad \quad \quad W_{кр} = W_T - (0,2-0,7)I_P = 29,5 - 0,7 \cdot 11,6 = 21,38; \\
& \text{– для } 1,3 \text{ м} \quad W_{кр} = W_T - (0,2-0,7)I_P = 30,2 - 0,2 \cdot 13,4 = 27,52, \\
& \quad \quad \quad W_{кр} = W_T - (0,2-0,7)I_P = 30,2 - 0,7 \cdot 13,4 = 20,82; \\
& \text{– для } 1,7 \text{ м} \quad W_{кр} = W_T - (0,2-0,7)I_P = 29,9 - 0,2 \cdot 12,1 = 27,48, \\
& \quad \quad \quad W_{кр} = W_T - (0,2-0,7)I_P = 29,9 - 0,7 \cdot 12,1 = 21,43.
\end{aligned}$$

Заключение

Таким образом, для исследуемой V дорожно-климатической зоны было установлено, что по степени влажности грунты маловлажные; по консистенции, характеризуемой показателем текучести, суглинки твердые; по коэффициенту пористости – высокопористые.

Из анализа данных лабораторных испытаний следует, что влажность грунта недостаточна, т. к. отобранные образцы грунтов находятся в твердом состоянии. При такой влажности суглинистые грунты в инженерных сооружениях довольно устойчивы (см. табл. 2). Это подтверждают данные, полученные при расчете суммарной величины просадки грунта от собственного веса и для определения типа грунтовых условий по просадочности (см. табл. 3).

Вместе с тем по данному исследованному объекту можно сделать и более общие выводы. Для решения многих инженерных задач, связанных с проектированием и строительством автомобильных дорог в сложных условиях, большое значение имеет расчетная влажность грунтов. С ее учетом определяется модуль упругости грунта, прогнозируется влияние пучинообразования, регулируется водно-тепловой режим дорожной конструкции.

Прочность грунтов в рабочей зоне грунтовых оснований и полотна весьма существенно зависит от их влажности. Поэтому изучение колебаний влажности в естественно залегающем грунте является необходимым для решения вопроса об устойчивости грунтовых оснований и полотна.

Для каждого исследуемого слоя грунта определена критическая влажность.

Только правильное определение источников увлажнения территории строительства обеспечит правильность оценки этой величины. В горной местности требуется комплексная оценка источников увлажнения, поскольку кроме влияния поверхностных и подземных вод следует учитывать влияние воды, поступающей со склонов гор. Комплексная оценка источников увлажнения в горной местности на участке проектируемой дороги обеспечит правильность назначения устройства водосточных канав и водоотводящих систем. Это поможет продлить эксплуатационный срок службы автомобильных дорог.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Золотарь И.А., Пузакова Н.А., Сиденко В.М. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд. Москва : Транспорт, 1971. 415 с.
2. Леонович И.И., Вырко Н.П. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог. Минск, 2013. 32 с.
3. Сиденко В.М. Расчет регулирования водно-теплого режима дорожных одежд и земляного полотна. Москва : Автотрансиздат, 1962. 113 с.

4. Маданбеков Н.Ж., Турдубай уулу С., Исаков Р.Б., Омурбек уулу Р. Характеристики дорожно-климатического районирования // Вестник КГУСТА. 2015. № 2. С. 6–11.
5. Магомедов М.М. Горные дороги. Особенности проектирования, строительства и эксплуатации на примере Дагестана. Москва : Техполиграфцентр, 2006. 247 с.
6. Виноградский А.К. Дорожное районирование. Москва : Транспорт, 1989. 95 с.
7. Роде А.А. Водный режим почв и его регулирование. Москва : Изд-во АН СССР, 1963. 117 с.
8. Ефименко С.В., Бадина М.В. Дорожное районирование территории Западной Сибири. Томск : Изд-во Том гос. архит.-строит. ун-та, 2014. 244 с.
9. Каримов Э.М., Мирзалиев М. Осадки полотна автомобильных дорог на участках со сложными инженерно-геологическими условиями // Вестник КГУСТА. 2016. № 2 (52). С. 21–26.
10. Каримов Э.М., Тешаев Э.А., Эркали уулу У. Оценка устойчивости нагорных склонов // Вестник КРСУ. 2018. Т. 18. № 12 (93). С. 93–95.
11. Афиногенов О.П., Ефименко С.В., Афиногенов А.О. Совершенствование методов проектирования автомобильных дорог на основе дифференциации районирования. Кемерово : ООО «Офсет», 2015. 364 с.
12. Кыдыралиева Г.А. Оценка влияния водно-физических свойств грунта на его сопротивляемость сдвигу // Вестник КГУСТА. 2011. № 3. С. 29–33.
13. Федюк Р.С., Козлов П.Г., Мочалов А.В., Тимохин А.М. Необходимость актуализации дорожно-климатического районирования юга Дальнего Востока // Вестник СибАДИ. 2015. № 4 (44). С. 90–100.
14. Ефименко С.В., Бадина М.В. Учет особенностей природно-климатических условий при дорожно-климатическом районировании Западной Сибири // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 2. С. 204–213.
15. Бируля А.К., Бируля В.И., Носич И.А. Устойчивость грунтов дорожного полотна в степных районах. Москва : Дориздат, 1951. 176 с.
16. Кузьминов М.П. Механика лессовых грунтов Средней Азии. / Науч.-произв. объединение «Узбекгидрогеология». Ташкент : Фан, 1976. 143 с.

REFERENCES

1. Zolotar I.A., Puzakova N.A., Sidenko V.M. Vodno-teplovoy rezhim zemlyanogo polotna i dorozhnykh odezhd [Water and temperature conditions of subgrade soil and road pavements]. Moscow: Transport, 1971. 415 p. (rus)
2. Leonovich I.I., Brightly N.P. Vodno-teplovoy rezhim zemlyanogo polotna avtomobil'nykh dorog [Water and temperature conditions of subgrade soil]. Minsk, 2013. 32 p. (rus)
3. Sidenko V.M. Raschet regulirovaniya vodno-teplovogo rezhima dorozhnykh odezhd i zemlyanogo polotna [Calculation of water and temperature conditions of subgrade soil and road pavements]. Moscow: Avtotransizdat, 1962. 113 p. (rus)
4. Madanbekov N.Zh., Turdubay uulu S., Isakov R.B., Omurbek uulu R. Kharakteristiki dorozhno-klimaticheskogo raionirovaniya [Characteristics of road-building climatic zoning]. Vestnik KGUSTA. 2015. No. 2. Pp. 6–11 p. (rus)
5. Magomedov M.M. Gornye dorogi. Osobennosti proektirovaniya, stroitel'stva i ekspluatatsii na primere Dagestana. [Mountain roads. Road design, construction and operation in Dagestan]. Moscow: Tekhpolygrftsentr, 2006. 247 p. (rus)
6. Vinogradsky A.K. Dorozhnoe raionirovanie [Road zoning]. Moscow: Transport, 1989. 95 p. (rus)
7. Rode A.A. Vodnyi rezhim pochv i ego regulirovanie. [Water regime of soils and its regulation]. Moscow: AN SSSR, 1963. 117 p. (rus)
8. Efimenko S.V., Badina M.V. Dorozhnoe raionirovanie territorii Zapadnoi Sibiri [Road zoning in West Siberia]. Tomsk: TSUAB, 2014. 244 p. (rus)
9. Karimov E.M., Mirzaliev M. Osadki polotna avtomobil'nykh dorog na uchastkakh so slozhnymi inzhenerno-geologicheskimi usloviyami [Subgrade precipitations in areas with complicated engineering and geological conditions]. Vestnik KGUSTA. 2016. No. 2 (52). Pp. 21–26. (rus)
10. Karimov E.M., Teshayev E.A., Erkali uulu U. Otsenka ustoichivosti nagornykh sklonov [Stability assessment of upland slopes]. Vestnik KRSU. 2018. V. 18. No. 12 (93). Pp. 93–95. (rus)

11. *Afinogenov O.P., Afinogenov S.V., Efimenko A.O.* Afinogenov Sovershenstvovanie metodov proektirovaniya avtomobil'nykh dorog na osnove differentsiatsii raionirovaniya. [Improving design road methods based on zoning differentiation]. Kemerovo: Ofset, 2015. 364 p. (rus)
12. *Kydyralieva G.A.* Otsenka vliyaniye vodno-fizicheskikh svoystv grunta na ego soprotivlyaemost' sdvigu [Influence of water and physical properties of soil on its shear resistance]. *Vestnik KGUSTA*. 2011. No.3. Pp. 29–33. (rus)
13. *Fedyuk R.S., Kozlov P.G., Mochalov A.V., Timokhin A.M.* Neobkhodimost' aktualizatsii dorozhno-klimaticheskogo raionirovaniya yuga Dal'nego Vostoka [Improvement of road-climatic zoning at the south of the Far East]. *Vestnik SibADI*. 2015. No. 4 (44). Pp. 90–100. (rus)
14. *Efimenko S.V., Badina M.V.* Uchet osobennostei prirodno-klimaticheskikh uslovii pri dorozhno-klimaticheskom raionirovanii Zapadnoi Sibiri [Road-building climatic zoning in West Siberia]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2015. No. 2. Pp. 204–213. (rus)
15. *Birulya A.K., Birulya V.I., Nosich I.A.* The stability of the soil of the roadway in the steppe regions. Moscow: Dorizdat, 1951. 176 p. (rus)
16. *Kuzminov M.P.* Mekhanika lessovykh gruntov Srednei Azii [Loess soil mechanics in Central Asia]. Tashkent: Fan, 1976. 143 p. (rus)

Сведения об авторе

Каримов Эркинбек Машанович, канд. техн. наук, доцент, Ошский технологический университет им. М.М. Адышева, 723503, Кыргызстан, г. Ош, ул. Исанова, 81, erkin.karimov.71@mail.ru

Author Details

Erkinbek M. Karimov, PhD, A/Professor, Osh Technological University, 81, Isanov Str., 723503, Osh, Kyrgyz Republic, erkin.karimov.71@mail.ru