

УДК 699.885

## ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

*А. А. Филиппова, Г. А. Сергеева*

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Исследованы природные и антропогенные факторы, влияющие на конструктивные особенности железобетонных конструкций. Рассмотрены мероприятия по защите и предотвращению последствий глобального потепления на искусственные сооружения.

**Ключевые слова:** климат, солнечная активность, антропогенные факторы, природные факторы, температурный режим, вечная мерзлота.

## IMPACT OF GLOBAL WARMING ON REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

*A. A. Filippova, G. A. Sergeeva*

Don State Technical University, (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The paper considers natural and anthropogenic factors affecting the structural features of reinforced concrete structures. Measures to protect and prevent the effects of global warming on artificial structures are considered.

**Keywords:** climate, solar activity, anthropogenic factors, natural factors, temperature regime, permafrost.

**Введение.** За последние десятилетия климат на планете значительно изменился. Эти изменения невозможно игнорировать, так как они имеют непосредственное влияние на жизнедеятельность человека.

Помимо природного, существует и антропогенное влияние на изменение климата. С этими факторами необходимо считаться, на них можно воздействовать, так как они напрямую связаны с жизнедеятельностью человека. Человеческая деятельность имеет влияние на любую сферу, которой она касается. Строительство в данном контексте не является исключением. Более того, строительство — одна из развивающихся отраслей, следовательно, необходимо ответственно подходить как к планированию, так и к реализации проектов.

Климатическая система представляет собой совокупность взаимодействующих с Солнцем и друг с другом компонентов — атмосферы, гидросферы, криосферы, деятельного слоя суши и биосферы — и происходящих в них процессов. Она является важнейшим глобальным ресурсом обеспечения жизни на Земле. Ее состояние обуславливает саму возможность существования биосферы и человека. В частности, функционирование климатической системы формирует определенные климатические условия и климат. В свою очередь, климат — это многолетний режим погоды, характерный для данной местности [1].

На Земле происходит немало процессов, которые имеют прямое воздействие на все, что нас окружает. Ученые изучают деятельность природных и антропогенных факторов, которые уже сыграли существенную роль в изменении климата и привели к негативным последствиям.

**Природные факторы, влияющие на изменение климата.** Выявлен ряд естественных факторов, которые имеют прямое влияние на смены температурного режима и климатических условий. Среди этих факторов — изменение размеров и взаимного расположения материков и

океанов, светимости Солнца, которая отражается в 11-летних Солнечных циклах попеременной активности и пассивности. Параметры орбиты Земли также имеют свое влияние, так как изменяется угол, под которым Солнце светит на определенные участки Земной поверхности. На климат оказывают влияние прозрачность атмосферы и ее состав, которые изменяются в результате вулканической активности Земли; количественная концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере; отражательная способность поверхности Земли (альbedo); колебания количества тепла, имеющегося в глубинах океана [2].

Солнце является незаменимым источником всех климатических изменений. Следовательно, любые перепады в поступающей солнечной энергии, доходящей до Земли, способствуют серьезным изменениям климата. Многие годы ученые считали, что солнечная активность остается величиной постоянной. Однако наблюдения со спутников поставили под сомнение истинность данной гипотезы [3].

**Антропогенные факторы, влияющие на изменение климата.** Глобальный климат в период доиндустриальной эпохи (условно — до 1750 г.) менялся только по естественным причинам. Было замечено, что радикальные изменения начали происходить с момента начала интенсивной эмиссии парниковых газов. В этот же период начинается и существенное изменение альbedo земной поверхности и атмосферы.

Сельскохозяйственная деятельность, отражающаяся в преобразовании лесных ландшафтов, может изменять альbedo Земли. Более того, антропогенные выбросы аэрозолей способствует осаждению их на снег и лед, что приводит к увеличению альbedo и, как следствие, к оказанию охлаждающего эффекта.

В свою очередь, атмосферные аэрозольные частицы, образующиеся от хозяйственной деятельности, имеют непосредственное влияние на радиационный баланс за счет рассеяния и поглощения длинно- и коротковолновой радиации частицами аэрозоля. Аэрозоли также изменяют микрофизические свойства облаков, их количество и время жизни [4].

**Аномалии температуры и тенденции изменений температурного режима районов Северного Кавказа.** На основе данных гидрометеорологических станций сети Росгидромета был проведен анализ климатических изменений на трех горных станциях на территории Северного Кавказа: Ахты (1281 м н.у.м.), Теберда (1335 м н.у.м.), Терскол (2144 м н.у.м.) и двух метеостанций в предгорном и степном районах — Нальчик (500 м н.у.м.) и Прохладная (198 м н.у.м.). Рассмотрены средние сезонные температуры воздуха, сезонный (годовой) индекс максимальных температур (среднее значение максимальных температур), выраженный как отклонение от климатического среднего (за 1961–90 гг.), и аналогичный индекс минимальных температур. В таблице 1 приведены данные об аномалиях температуры в 2018 г.

В 2018 г. аномалии сезонных и годовых средних температур положительны для всех станций. В летний и весенний сезоны (за исключением станции Прохладная) и в течение года 95 %-е экстремумы наблюдались на всех станциях, зимой — на станциях Терскол, Нальчик и Прохладная. Индексы максимальных и минимальных температур на станциях также положительны, за исключением зимнего и осеннего индекса максимальных температур в Теберде, осеннего — в Ахты. Экстремален лишь индекс минимальных температур зимой в Ахты, Теберде и Нальчике, а также летом в Теберде [5].

Таблица 1

Среднегодовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии средней суточной температуры и индексы минимальной и максимальной за сутки температуры приземного воздуха для станций юга ЕЧР в 2018 г.:  $\nu T$  — отклонения от нормы (средние за 1961–1990 гг.);  $\sigma$  — стандартное отклонение за 1961–2018 гг.

М/станция	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\nu T$ , °C	$\sigma$ , °C	$\nu T$ , °C	$\sigma$ , °C	$\nu T$ , °C	$\sigma$ , °C	$\nu T$ , °C	$\sigma$ , °C	$\nu T$ , °C	$\sigma$ , °C
Средние температуры										
Ахты	1,8	0,83	2,1	1,82	2,1	1,25	1,8	1,03	1,4	1,27
Теберда	2,0	0,8	2,7	1,82	2,4	0,93	1,9	1,01	2,3	1,03
Терскол	1,8	0,67	2,7	1,57	2,6	0,94	1,9	0,91	0,5	1,03
Нальчик	2,1	0,96	3,5	1,80	2,0	1,21	2,3	1,19	1,6	1,19
Прохладная	2,0	0,92	3,8	1,87	1,7	1,11	2,2	1,16	1,4	1,13
Индекс максимальных температур										
Ахты	0,8	2,63	0,7	2,38	1,5	2,03	2,8	2,59	-1,0	2,89
Теберда	-0,1	2,19	-0,5	2,26	0,3	1,84	0,8	2,20	-0,4	2,4
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	1,1	1,78	2,7	2,91	2,8	2,32	2,0	1,79	0,4	2,42
Прохладная	-0,8	1,91	2,2	3,33	2,2	2,39	1,9	1,94	0,0	2,44
Индекс минимальных температур										
Ахты	2,7	2,64	5,5	2,87	2,4	3,65	1,1	2,29	2,7	3,13
Теберда	4,2	3,06	6,7	2,87	3,2	4,07	3,0	1,81	3,8	3,82
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	3,6	4,47	8,3	4,47	3,6	4,40	0,9	2,12	1,3	3,66
Прохладная	3,5	4,55	3,9	4,85	1,9	4,27	1,5	2,65	1,4	3,47

Все данные свидетельствуют о том, что климатические изменения происходят и имеют непосредственное влияние по всей территории России.

Подтверждением собранных данных являются физические изменения, отображающиеся в непривычных заморозках осенью и весной, а также оттепелей зимой. Районы вечной мерзлоты также негативно затронуты, так как мерзлый грунт начинает оттаивать. В настоящее время верхний слой вечной мерзлоты протаивает летом на глубину от 0,1–0,2 м у полярного круга, до 2 м — на южной границе вечной мерзлоты. Все искусственные сооружения и коммуникации (трубопроводы, линии электропередач, подземные хранилища) испытывают определенные деформации. Имеются многочисленные примеры нарушения целостности и разрушения жилых и производственных зданий, разрывов трубопроводов, связанных с деградацией вечной мерзлоты. За последние 10 лет, из-за таяния вечной мерзлоты, число деформаций зданий в Норильске увеличилось на 42 %, в Якутске — на 61 %, в Амдерме — на 90 % [1].

**Влияние температурных перепадов на железобетонные конструкции.** Следуя СП 41.13330.2012, необходимо проводить расчет элементов бетонных и железобетонных конструкций на температурные и влажностные воздействия, а также учитывать температурные воздействия эксплуатационного и строительного периодов, включающие в себя климатические

колебания температуры наружного воздуха, воды в водоемах и эксплуатационный подогрев (или охлаждение) сооружения.

Такие ответственные конструкции, как мосты и тоннели должны быть тщательно рассчитаны с учетом предполагаемых деформаций. Несмотря на то, что такие искусственные сооружения возводят с расчетом срока службы в 100 лет, иногда сложно предсказать, что может повлиять на конструкцию, помимо уже учтенных факторов. Так случилось с Ворошиловским мостом в г. Ростов-на-Дону. Мост был возведен в 1965 году со сроком службы в 100 лет. При строительстве применялись современные на тот момент технологии и ничего не предвещало беды. Однако никто не мог предугадать, насколько вырастет интенсивность движущегося по мосту транспорта. Это повлекло за собой ряд событий, в связи с которыми мост необходимо было реконструировать.

При учете температурного расширения бетона в мостостроении устанавливают деформационные швы — зазоры, предусматривающие перемещение конструкции и деформации отдельных частей. Эти зазоры не могут быть слишком большими, иначе конструкция будет неустойчива, но и нельзя делать их слишком малыми, так как в этом случае бетон будет сдвигаться и на поверхности сооружения будут образовываться трещины.

Одна из важнейших характеристик бетона, зависящая от температурных перепадов — это морозостойкость. Морозостойкость — параметр, указывающий на способность бетона в насыщенном водой состоянии противостоять многократным циклам замораживания и оттаивания без потери прочности на сжатие и образование трещин, сколов и прочих деформаций [6]. Согласно СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии», к строительным материалам предъявляется ряд обязательных требований, включая введение необходимых добавок для улучшения прочностных характеристик. Также выделяют определенные требования по морозостойкости, несоблюдение которых может привести к последствиям, которые будут пагубно сказываться на состоянии любой конструкции при эксплуатации.

Для южных регионов России морозостойкость конструкций очень важна, так как наблюдаются частые перепады ночных и дневных температур в зимнее время. В северных широтах конструкции испытывают влияние более низких отрицательных температур, но, ввиду того, что только пару раз за зиму температура оказывается положительной, проходят всего 1 или 2 цикла замораживания и оттаивания. В более южных регионах зимой ночные температуры почти всегда отрицательные, а дневные могут быть положительными. Это способствует прохождению многочисленных циклов замораживания и оттаивания.

**Влияние антропогенного и природного воздействия на искусственные сооружения.** Ранее было замечено, что человеческая деятельность способствует накоплению в атмосфере вредных веществ, которые не всегда покидают границы атмосферы. Более того, они могут выпадать с осадками, оседая на различных конструкциях, снижая их физико-механические характеристики и ускоряя процесс коррозии. На более загрязненных территориях могут выпадать кислотные дожди. Это происходит по причине вступления в реакцию выброшенных в атмосферу вредных веществ с углекислым газом и водой, в результате чего образуются кислоты, которые соединятся с испарениями и попадают в облака. После этого выпадают кислотные дожди, которые возвращают на землю все то, что впитали.

На территории большинства субъектов Российской Федерации выпадение серы и нитратного азота составляет порядка 25 % от всех суммарных выпадений. Этот показатель превышает в Мурманской (70 %), Свердловской (64 %), Челябинской (50 %), Тульской и Рязанской (по 40 %) областях и в Красноярском крае (43 %) [7].

Колебания в количестве выпадения осадков влияют на динамику стока рек. Как следствие, многие искусственные сооружения и системы — автомобильные и железные дороги, автобусные терминалы, порты, аэропорты, железнодорожные пути, мосты, туннели, дренажные системы, системы телекоммуникации и управления движением — испытывают повреждения вследствие разлива рек. Ликвидация причиненного ущерба требует, как правило, чрезвычайных мер, существенных финансовых затрат ввиду ухудшения эксплуатационно-технического состояния и необходимости проведения ремонтно-профилактических работ [8].

**Мероприятия по защите и предотвращению последствий антропогенного и природного воздействия на искусственные сооружения.** Самым доступным методом устранения пагубных влияний антропогенного воздействия на искусственные сооружения является строгий контроль качества выполнения строительных работ и соблюдение требований всех необходимых нормативных документов, имея ввиду, что проектирование было проведено с учетом возможных климатических изменений и их влияния на сооружения.

Для предотвращения природного воздействия климата на искусственные сооружения необходимо учитывать потенциальные изменения на стадии проектирования, что непосредственно будет отображено в долгосрочных программах капитального ремонта, реконструкции и инвестиционной деятельности.

**Заключение.** Исходя из вышперечисленных природных и антропогенных факторов, можно сделать вывод о том, что железобетонные сооружения подвергаются деформациям, которые можно предотвратить в случае проведения грамотного и продуманного проектирования.

#### **Библиографический список**

1. Грицевич, И. Г. Изменение климата. Учебно-методические материалы для школьников и студентов субарктических регионов России / И. Г. Грицевич, А. О. Кокорин, И. И. Подгорный. — Москва : WWF России, 2007. — 56 с.
2. На Солнце меняется погода. Впереди 11-летний цикл высокой активности / BBC News. Русская Служба : [сайт]. — URL : [www.bbc.com/russian/news-54175626](http://www.bbc.com/russian/news-54175626) (дата обращения : 20.04.2021).
3. Основные параметры, влияющие на погоду и климат. Справка // РИА Новости : [сайт]. — URL : <https://ria.ru/20091102/191617134.html> (дата обращения : 20.04.2021).
4. Результаты исследований изменения климата для стратегий устойчивого развития Российской Федерации / Росгидромет : [сайт]. — URL : <http://www.meteorf.ru/upload/iblock/e5b/3380-Verstka-19-may-2006-A4-compr.pdf> (дата обращения : 21.04.2021).
5. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. — Москва, 2019. — 79 с.
6. Морозостойкость бетона / СТРОЙНЕРУД : [сайт]. — URL : <https://beton50.com/beton/spravochnik/morozostoykost-betona/#> (дата обращения : 20.04.2021).
7. Кислотные дожди, их причины и последствия / VEGNEWS : [сайт]. — URL : <https://vegnews.ru/stati/ekologiya/kislotnye-dozhdi-ih-prichiny-i-posledstviya/> (дата обращения : 21.04.2021).
8. Последствия изменения климата для международных транспортных сетей и адаптация к ним — 2013: доклад группы экспертов / UNECE : [сайт]. — URL : [https://unece.org/DAM/trans/main/wp5/publications/climate\\_change\\_2014r.pdf](https://unece.org/DAM/trans/main/wp5/publications/climate_change_2014r.pdf) (дата обращения : 20.04.2021).



*Об авторах:*

**Филиппова Анастасия Андреевна**, студент Дорожно-транспортного факультета Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [filippova.anastasia97@gmail.com](mailto:filippova.anastasia97@gmail.com)

**Сергеева Галина Александровна**, доцент кафедры «БЖ и ЗОС» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доцент, кандидат географических наук, [sergeeva\\_ga@mail.ru](mailto:sergeeva_ga@mail.ru)

*Authors:*

**Filippova, Anastasiya A.**, Student, Faculty of Road Transport, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), [filippova.anastasia97@gmail.com](mailto:filippova.anastasia97@gmail.com)

**Sergeeva, Galina A.**, Associate Professor, Department Life Safety and Environmental Protection, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), Associate professor, Cand.Sci., [sergeeva\\_ga@mail.ru](mailto:sergeeva_ga@mail.ru)