



ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ИХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ В РЕГИОНАХ ЮЖНОЙ РОССИИ

Лазовский А. И. ORCID ID 0009-0009-3025-796X, Можяев Е. Е.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
дополнительного профессионального образования «Институт повышения
квалификации руководящих работников и специалистов», Балашиха,
Российская Федерация, e-mail: lazovskiy.tolik@mail.ru*

В условиях ускоряющихся климатических изменений особую актуальность приобретает анализ антропогенных факторов, определяющих региональные особенности изменения климата и связанные с ними геоэкологические последствия. Цель статьи заключается в выявлении и комплексной оценке антропогенных факторов климатических изменений и связанных с ними геоэкологических последствий в регионах Южной России на примере Северо-Кавказского и Южного федеральных округов. Исследование основано на анализе статистических данных Федеральной службы государственной статистики, материалов экологических рейтингов, данных мониторинга атмосферного воздуха и водных объектов, а также результатов современных научных публикаций; в работе применялись методы сравнительного, статистического и системного анализа с использованием геоэкологического и ландшафтного подходов. Установлено, что климатические изменения в рассматриваемых регионах формируются под воздействием совокупности промышленных, аграрных, транспортных и водохозяйственных факторов, а также процессов трансформации ландшафтов и не сводятся исключительно к загрязнению атмосферы и выбросам парниковых газов. Выявлены устойчивые зоны повышенной антропогенной нагрузки на атмосферные и водные экосистемы, прежде всего на территории Ставропольского края, что подтверждается ретроспективными статистическими данными и результатами современных экологических рейтингов. Рассмотрено, что ключевыми механизмами климатических трансформаций выступают усиление локального парникового эффекта, нарушение процессов тепло- и влагообмена, деградация почвенно-растительного покрова и изменение водного баланса, при этом орографические особенности Кавказа и гидрологические связи бассейнов р. Кума и Маныч обуславливают трансграничный характер климатических и геоэкологических последствий и способствуют распространению негативных эффектов на территорию Южного федерального округа, что обосновывает необходимость формирования комплексной межрегиональной политики адаптации и снижения антропогенной нагрузки с учетом природных и ландшафтных связей регионов Южной России.

Ключевые слова: климатические изменения, антропогенные факторы, геоэкологические последствия, Северо-Кавказский федеральный округ, Южный федеральный округ, Ставропольский край, Кумо-Манычская впадина, сельское хозяйство, транспорт, вырубка лесов

ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC FACTORS OF CLIMATE CHANGE AND THEIR GEOECOLOGICAL CONSEQUENCES IN THE REGIONS OF SOUTHERN RUSSIA

Lazovskiy A. I. ORCID ID 0009-0009-3025-796X, Mozhaev E. E.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education
“Institute for Advanced Training of Managers and Specialists”,
Balashikha, Russian Federation, e-mail: lazovskiy.tolik@mail.ru*

In the context of accelerating climate change, the analysis of anthropogenic factors determining the regional features of climate change and related geoecological consequences is becoming particularly relevant. The study aims to identify and comprehensively assess the anthropogenic factors of climate change and their associated geo-ecological consequences in the regions of Southern Russia, using the North Caucasus and Southern Federal Districts as examples. The study is based on the analysis of statistical data from the Federal State Statistics Service, environmental ratings materials, monitoring data for atmospheric air and water bodies, as well as the results of modern scientific publications; methods of comparative, statistical and systematic analysis using geoecological and landscape approaches were used in the work. It has been established that climatic changes in the regions under consideration are formed under the influence of a combination of industrial, agricultural, transport and water management factors, as well as landscape transformation processes, and are not limited solely to atmospheric pollution and greenhouse gas emissions. The identified stable zones of increased anthropogenic pressure on atmospheric and aquatic ecosystems, primarily in the Stavropol Territory, which is confirmed by retrospective statistical data and the results of modern environmental ratings. It is considered that the key mechanisms of climatic transformations are the strengthening of the local greenhouse effect, disruption of heat processes- The orographic features of the Caucasus and the hydrological connections of the Kuma and Manych river basins determine the transboundary nature of climatic and geoecological consequences and contribute to the spread of negative effects on the territory of the Southern Federal District, which justifies the need to form a comprehensive interregional policy of adaptation and reduction of anthropogenic pressure, taking into account natural and environmental factors. landscape relations of the regions of Southern Russia.

Keywords: climate change, anthropogenic factors, geoecological consequences, North Caucasus Federal District, Southern Federal District, Stavropol Territory, Kuma-Manych Depression, agriculture, transport, deforestation

Введение

На сегодняшний день наблюдаются значительные и устойчивые изменения в климатической системе, выражающиеся в росте среднегодовой температуры воздуха, увеличении частоты экстремальных гидрометеорологических явлений и трансформации природных геосистем. Одной из наиболее распространенных и научно обоснованных гипотез, объясняющих высокую скорость климатических изменений в последние десятилетия, является гипотеза антропогенного воздействия. На первый взгляд большинство интерпретаций сводится преимущественно к загрязнению окружающей среды и росту выбросов парниковых газов [1, с. 7]. Однако более детальный анализ показывает, что антропогенное влияние на климатическую систему является многофакторным и включает широкий спектр хозяйственной деятельности, воздействующей на компоненты геосфер [2]. В условиях Северо-Кавказского федерального округа (СКФО), включающего Ростовскую область, Краснодарский и Ставропольский края, республики Адыгея, Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия – Алания и Чеченскую Республику, климатообразующее антропогенное воздействие формируется совокупностью промышленных, энергетических, транспортных, аграрных и градостроительных факторов. Значительный вклад вносят предприятия машиностроительного комплекса, авиационной и нефтегазовой промышленности, химического производства, цветной металлургии, а также производства строительных материалов и пищевой продукции. Помимо прямых выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов, существенное влияние оказывают изменения землепользования, деградация почв, урбанизация, рост транспортной нагрузки, водохозяйственная деятельность и нарушение естественных ландшафтных связей [3, с. 23].

Цель исследования – выявление и комплексная оценка антропогенных факторов климатических изменений и связанных с ними геоэкологических последствий в регионах Южной России на примере Северо-Кавказского и Южного федеральных округов.

Материалы и методы исследования

Для работы использовались официальные статистические данные Федеральной службы государственной статистики РФ, материалы экологических рейтингов, результаты мониторинга состояния атмос-

ферного воздуха и водных объектов, а также отечественные научные исследования и аналитические публикации, посвященные вопросам изменения климата и антропогенного воздействия на окружающую среду в Северо-Кавказском федеральном округе. Анализ проводился с применением методов статистического, сравнительного и системного анализа, а также элементов геоэкологического и ландшафтного подходов, что позволило выявить пространственные и отраслевые особенности антропогенной нагрузки, определить основные механизмы климатических изменений и оценить их последствия на региональном уровне. Исследование охватывало период с 2000 по 2020 г.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный анализ показал, что климатические изменения в регионах Южной России формируются под влиянием совокупности антропогенных факторов, среди которых ключевую роль играют промышленность, сельское хозяйство, автомобильный транспорт и изменение характера землепользования. Полученные результаты свидетельствуют о том, что воздействие человека на климатическую систему носит комплексный характер и не ограничивается только выбросами загрязняющих веществ.

На основе статистических данных и материалов экологического мониторинга выявлены устойчивые зоны повышенной антропогенной нагрузки на атмосферные и водные экосистемы, наиболее выраженные в Ставропольском крае. Существенный вклад в ухудшение экологической обстановки в городах вносит автотранспорт, способствующий формированию локальных климатических аномалий и росту концентраций вредных примесей в приземном слое атмосферы.

Установлено, что интенсивное сельскохозяйственное освоение территорий приводит к деградации почвенно-растительного покрова, нарушению тепло- и влагообмена и усилению процессов засухливости. Выявлен трансграничный характер климатических и геоэкологических последствий, обусловленный орографическими особенностями Кавказа и гидрологическими связями бассейнов р. Кума и Маныч, что способствует распространению негативных эффектов за пределы Северо-Кавказского федерального округа и их проявлению на территории Южного федерального округа. Полученные результаты подчерки-

вают необходимость комплексного и согласованного подхода к снижению антропогенной нагрузки и адаптации регионов Южной России к современным климатическим изменениям.

Анализ экологической ситуации в Северо-Кавказском федеральном округе целесообразно начинать с рассмотрения ретроспективных статистических данных, отражающих формирование современной антропогенной нагрузки. В 2010–2017 гг. в субъектах СКФО наблюдалась неоднородная динамика выбросов загрязняющих веществ и сбросов загрязненных сточных вод, что наглядно представлено в табл. 1 и 2.

Согласно данным табл. 1, характеризующей выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников по отношению к 2007 г., в целом

по округу фиксируется тенденция к относительному снижению выбросов. Однако Ставропольский край на фоне большинства регионов СКФО демонстрирует рост показателей в завершающие годы анализируемого периода, что указывает на усиление промышленной и агропромышленной деятельности и увеличение нагрузки на атмосферный воздух.

Анализ табл. 2, отражающей сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, показывает, что Ставропольский край на протяжении всего рассматриваемого периода относится к числу регионов с наибольшими объемами водного загрязнения. Это свидетельствует о хронической нагрузке на водные экосистемы и недостаточной эффективности систем очистки сточных вод.

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников по отношению к 2007 г. (2010–2017 гг.)

Северо-Кавказский федеральный округ	67,4	56,9	66,3	70,8	70,8	68,4	73,0	72,3
Республика Дагестан	110,0	102,7	111,5	96,7	78,8	65,2	84,4	83,2
Республика Ингушетия	40,6	10,2	152	48,2	33,0	33,1	87,7	87,6
Кабардино-Балкарская Республика	109,3	94,5	1022	85,7	90,5	117,9	153,8	118,4
Карачаево-Черкесская Республика	100,9	127,7	111,2	105,5	78,8	73,6	86,1	83,8
Республика Северная Осетия – Алания	108,0	75,0	81,5	93,3	64,0	98,0	84,3	71,0
Чеченская Республика	27,8	22,4	21,0	23,8	34,8	22,9	23,4	16,8
Ставропольский край	94,9	90,1	1000	108,3	1139	123,4	126,9	136,6

Примечание: составлена автором на основе: Федеральная служба государственной статистики. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации: статистический сборник. М., 2018. 751 с.

Таблица 2

Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты

Северо-Кавказский федеральный округ	496	370	397	395	374	368	362	364	358
Республика Дагестан	78	77	78	79	77	78	79	77	72
Республика Ингушетия	1,6	2,7	4,3	4,2	4,1	3,8	2,2	2,6	2,7
Кабардино-Балкарская Республика	47	33	32	30	29	29	28	29	29
Карачаево-Черкесская Республика	53	51	47	45	45	41	42	42	42
Республика Северная Осетия – Алания	96	82	97	107	87	84	88	88	86
Чеченская Республика	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ставропольский край	220	144	138	131	133	132	123	125	125

Примечание: составлена автором на основе: Федеральная служба государственной статистики. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации: статистический сборник. М., 2018. 751 с.

Сформировавшиеся в предыдущие годы тенденции во многом предопределили современное состояние экологической ситуации в регионе. По итогам осени 2025 г. Ставропольский край занял 55-е место из 85 субъектов Российской Федерации в Национальном экологическом рейтинге и последнее, 7-е место среди регионов Северо-Кавказского федерального округа. Низкая позиция региона обусловлена совокупностью факторов, включая регулярные превышения концентраций взвешенных веществ и диоксида азота в атмосферном воздухе, загрязнение поверхностных водных объектов, а также рост антропогенной нагрузки со стороны промышленного и аграрного секторов.

Сопоставление ретроспективных статистических данных с современными рейтинговыми оценками подтверждает наличие устойчивых геоэкологических проблем в Ставропольском крае, связанных с загрязнением атмосферного воздуха и водных ресурсов, что оказывает негативное влияние на экологическую устойчивость территории и формирование климатических и экологических рисков [4; 5].

В 2021 г. промышленная нагрузка на атмосферу в Северо-Кавказском федеральном округе демонстрировала значительное усиление антропогенного воздействия, несмотря на относительно невысокие абсолютные объемы выбросов в сравнении с крупными регионами России. Общероссийский объем промышленных выбросов составил 17,2 млн т, что на 1,5% больше, чем в предыдущем году, при этом количество предприятий-загрязнителей увеличилось на 15% и достигло 131,2 тыс. объектов. В СКФО наблюдалась разнонаправленная динамика: наибольший относительный прирост числа предприятий – источников загрязнения зафиксирован в Кабардино-Балкарии – в 2 раза, до 219 объектов, в Ингушетии – +52,2% (102 объекта), в Чечне – +38,5% (90 объектов). По абсолютному приросту новых предприятий, оказывающих негативное воздействие на атмосферу, Ставропольский край занял 8-е место среди всех регионов России, с 482 новыми «предприятиями-загрязнителями» [6].

Рост числа источников выбросов связан не только с расширением производства, но и с формальным выводом из «тени» ранее неучтенных объектов, а также с увеличением выбросов действующих предприятий, превысивших лимиты, позволяющие не сдавать экологическую отчетность. Наибольшее влияние на атмосферу оказывает

энергетика, добыча нефти и газа, а также металлургическая промышленность, что согласуется с профилем промышленного комплекса СКФО, включающего машиностроение, авиационную, нефтегазовую и химическую промышленность.

Сельское хозяйство является одним из ключевых факторов антропогенного воздействия на климат и экосистемы Северо-Кавказского федерального округа. Использование азотных удобрений, пестицидов и гербицидов приводит к увеличению выбросов закиси азота (N_2O) и метана, загрязнению почв и водных объектов. Интенсивное животноводство усиливает эмиссию метана, а значительная часть пашен в Ставропольском крае подвергается химическому загрязнению, что нарушает биогеохимические циклы и снижает плодородие почв. Избыточное накопление нитратов в растениях и почве может переноситься в пищевые продукты и мясо животных, создавая риски для здоровья человека. Пестициды, обладая стойкостью к температуре и влаге, распространяются на значительные территории, а большинство их компонентов не выполняют заявленную функцию, создавая долгосрочную нагрузку на экосистемы.

Повышенные концентрации тяжелых металлов, бензпирена и нефтепродуктов в почвах сельскохозяйственных угодий оказывают токсическое воздействие на растения, животных и человека, ухудшают микробиологический состав почв и нарушают корневое питание растений. Эмиссия закиси азота, главного парникового газа сельского хозяйства, растет ежегодно на 1,4%, что угрожает выполнению целей Парижского соглашения. При этом около половины антропогенных выбросов N_2O приходится на синтетические удобрения, а треть – на навоз, при этом косвенные выбросы через атмосферу и стоки составляют до 15% [7; 8].

Кроме прямого химического воздействия сельское хозяйство вызывает значительные изменения ландшафтов: вырубка лесов, распашка земель, мелиорация, чрезмерный выпас скота приводят к деградации почв, водной эрозии, опустыниванию и уничтожению естественных мест обитания многих видов. Интенсивное сельское производство также создает негативные экстерналии для смежных отраслей – загрязнение воды и почв влияет на другие хозяйства, снижает продуктивность земель и ухудшает качество продукции [9, с. 13].

Для частичного или начального этапа можно рассмотреть переход к технологиям точного земледелия, органическому и почвозащитному земледелию, рациональному использованию удобрений и пастбищ, восстановлению биогеохимических циклов и экосистемного равновесия, так как такая проблема не решается за один раз и требует гораздо большего количества времени для своего решения. Только комплексное управление агроэкологическими рисками позволит сохранить плодородие почв, чистоту водных ресурсов и снизить вклад сельского хозяйства в изменение климата региона.

В городах Северо-Кавказского и Южного федеральных округов, таких как Ставрополь, Краснодар, Ростов-на-Дону и Нальчик, автомобильный транспорт является основным источником загрязнения атмосферного воздуха. Доля транспортных выбросов в регионе достигает 74% от общего антропогенного загрязнения, что оказывает прямое влияние на локальный парниковый эффект и изменение микроклимата. Результаты ежегодных исследований Росгидромета и Главной геофизической обсерватории им. А. И. Войтека показывают превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) взвешенных веществ, формальдегида и диоксида азота в отдельных городах Ставропольского края. В 203 из 253 городов страны, охваченных мониторингом, уровень загрязнения атмосферы превышает безопасные показатели, что подчеркивает актуальность проблемы для южного региона России [10; 11].

Автотранспорт выделяет в атмосферу широкий спектр токсичных веществ: угарный газ (CO), оксиды азота (NO_x), углеводороды (C_xH_y), оксиды серы (SO_x), сажу и аэрозоли, соединения тяжелых металлов (свинец, кадмий), канцерогены и парниковые газы, включая двуокись углерода (CO₂). Эти компоненты обладают токсическим, мутагенным и тератогенным действием, способствуют формированию смога и кислотных дождей, усиливают парниковый эффект, повышая температуру у поверхности Земли, что, в свою очередь, приводит к ускорению таяния ледников и повышению уровня Мирового океана [12].

Расчеты выбросов автотранспорта на примере города Нальчика показывают, что за 1 ч движения 1110 автомобилей по маршруту длиной 100 м каждый выделяют 6,66 л CO, 1,11 л углеводородов и 0,444 л NO₂. На ул. Осетинской с 1230 машинами показатели выбросов составляют 7,38 л CO,

1,23 л углеводородов и 0,492 л NO₂ за час. Эти значения превышают среднесуточные ПДК, и это только на ограниченных участках и вне часов пик, что демонстрирует высокую локальную нагрузку на атмосферу.

Рост числа автомобилей напрямую увеличивает нагрузку на городские экосистемы. В Нальчике с 2011 по 2014 г. количество автотранспортных средств выросло с 191 676 до 241 848 ед. Одновременно увеличилось число автосервисов и автомоек, большинство которых работают без систем очистки сточных вод, что приводит к загрязнению почв и поверхностных вод нефтепродуктами. Стихийные автостоянки без твердого покрытия, ливневой канализации и озеленения усугубляют эрозию почв, ухудшают водный режим и создают дополнительные риски для городской биоты [13].

Автомобильные выбросы оказывают геоэкологическое воздействие:

1. На здоровье человека – высокий уровень CO, NO_x и взвешенных веществ вызывает снижение иммунитета, рост заболеваемости органов дыхания, сердечно-сосудистых заболеваний, аллергий и онкологических процессов; до 30% заболеваний горожан связано с воздействием выхлопных газов.

2. На почвы и водные объекты – нефтепродукты, тяжелые металлы и химические соединения, стекающие с автомоек и автостоянок, нарушают биохимические циклы почв, ухудшают плодородие и загрязняют водные ресурсы, усиливая эвтрофикацию и снижая биологическое разнообразие водоемов.

3. На флору и фауну – токсичные аэрозоли и смог снижают видовое разнообразие растений и животных, нарушают экосистемные функции городских зеленых зон и естественных биотопов.

Климатические последствия – локальное повышение температуры и концентрации парниковых газов в сочетании с высокой солнечной инсоляцией регионов СКФО усиливает термическое напряжение, способствует микроклиматическим аномалиям, повышает риск засух и снижает устойчивость агроэкосистем.

Анализ социального опроса в Нальчике показывает, что 73% населения имеют личный транспорт, 75% предпочитают передвигаться на автомобиле, и лишь 34,2% признают реальную угрозу загрязнения атмосферы, несмотря на актуальность проблемы. Это указывает на сочетание высокого антропогенного давления с недостаточной экологической осведомленностью и низкой экологической инициативой населения [14].

Таблица 3

Антропогенные факторы климатических изменений
и геоэкологические последствия (СКФО – ЮФО)

Антропогенный фактор	Механизм влияния на климат (СКФО)	Геоэкологические последствия в СКФО	Связь и трансграничное влияние на ЮФО
Промышленные и энергетические выбросы	Рост концентраций CO ₂ , NO _x , аэрозолей, что дает усиление парникового эффекта и радиационного дисбаланса	Ухудшение качества воздуха, рост температурных аномалий в предгорьях и межгорных котловинах	Перенос аэрозолей и газов воздушными массами через Кумо-Манычскую впадину в степные районы ЮФО (Ростовская обл.)
Сельское хозяйство (удобрения, животноводство)	Эмиссия N ₂ O и CH ₄ , нарушение углеродно-азотных циклов	Деграляция почв, засоление, снижение влагоудерживающей способности ландшафтов	Усиление аридизации степей ЮФО, рост засушливости и пыльных бурь
Автомобильный транспорт	Локальный парниковый эффект, формирование тепловых островов	Повышение температур в городах, загрязнение почв и воздуха	Аэрозольный перенос загрязнений в приграничные степные зоны ЮФО
Изменение землепользования (распашка, урбанизация)	Снижение альбедо, рост испарения, нарушение тепло- и влагообмена	Усиление эрозии, опустынивание предгорных районов	Расширение зон сухих степей в ЮФО, деграляция агроландшафтов
Вырубка лесов в предгорьях и горах	Потеря влагонакопления, рост поверхностного стока, снижение влажности воздуха	Высыхание родников, усиление эрозии, селевые и оползневые процессы	Снижение речного и подземного стока, питающего равнинные территории ЮФО
Водохозяйственная деятельность	Регулирование стока, испарение с водохранилищ	Изменение локального микроклимата, деграляция водных экосистем	Нарушение водного баланса Кумо-Манычской впадины и орошаемых земель ЮФО

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

В Северо-Кавказском федеральном округе наблюдаются интенсивные заготовки древесины в предгорных и горных районах, что приводит к разрежению лесных массивов и сокращению лесного покрова. Это оказывает прямое воздействие на локальный климат: уменьшается задержка влаги в экосистеме, снижается влажность воздуха и почвы, ускоряется испарение, изменяется микроклимат предгорий и горных долин. Разрежение лесов приводит к высыханию родников, снижению подпитки речных и подземных водных систем и увеличению риска эрозии почв, что создает условия для формирования селевых потоков и лавин. Данные процессы негативно влияют на устойчивость местных экосистем и уменьшают способность природных ландшафтов поддерживать стабильный водно-климатический режим [15].

Сопоставление антропогенных факторов, представленных в таблице, свидетельствует о том, что климатические изменения в пределах Северо-Кавказского федерального округа носят комплексный, иерархически организованный характер и проявляются за его пределами, включая территорию

Южного федерального округа. Воздействие каждого фактора реализуется не обособленно, а через систему взаимосвязанных физико-географических и геоэкологических процессов, что приводит к формированию выраженного комплексного эффекта.

Промышленное и энергетическое загрязнение атмосферы в СКФО, несмотря на сравнительно умеренные абсолютные объемы выбросов, оказывает непропорционально высокое влияние на региональный климат вследствие орографических особенностей Кавказа. Горные и предгорные территории способствуют аккумуляции аэрозолей и газов в приземном слое атмосферы, что усиливает локальный парниковый эффект и приводит к изменению температурного режима. Через систему господствующих воздушных переносов загрязняющие вещества транслируются в северном направлении, преодолевая Кумо-Манычскую впадину – естественный аэродинамический коридор между СКФО и ЮФО. В результате антропогенное воздействие приобретает надрегиональный характер, влияя на климатические условия степных районов ЮФО.

Сельскохозяйственная деятельность выступает одним из ключевых факторов климатических изменений, поскольку напрямую затрагивает биогеохимические циклы. Эмиссия закиси азота и метана, деградация почвенного покрова и сокращение органического углерода в почвах приводят к снижению их климаторегулирующей функции. В условиях СКФО это проявляется в усилении процессов аридизации и потере влагонакопительного потенциала ландшафтов. Такие процессы не ограничиваются границами округа: деградация предгорных и равнинных агроландшафтов способствует расширению зоны сухих степей ЮФО, что подтверждает наличие функциональной климатической связи между двумя федеральными округами.

Транспортный фактор формирует преимущественно локальные климатические аномалии, однако их пространственное распространение обусловлено плотностью застройки и конфигурацией рельефа. Формирование «островов тепла» в городах СКФО сопровождается ростом приземных температур и изменением циркуляции воздуха. Через аэрозольный перенос и вторичные химические реакции данные изменения оказывают влияние на приграничные территории ЮФО, усиливая загрязнение атмосферы в условиях равнинного рельефа и слабой вентиляции воздуха.

Особое значение имеет изменение землепользования и сокращение лесного покрова в предгорных и горных районах СКФО. Леса выполняют ключевую климаторегулирующую функцию, обеспечивая аккумуляцию влаги, стабилизацию температурного режима и поддержание устойчивого стока. Их деградация приводит к высыханию родников, снижению подпитки рек и подземных вод, усилению эрозионных процессов. Учитывая, что водосборы р. Кума и Маныч формируются в пределах СКФО, данные изменения прямо отражаются на водном балансе Кумо-Манычской впадины и прилегающих территорий ЮФО, где возрастает дефицит влаги и уязвимость агроландшафтов к засухам.

Заключение

Проведенный анализ антропогенных факторов климатических изменений и их геоэкологических последствий в регионах Южной России показал, что современные климатические трансформации в пределах Северо-Кавказского и Южного федеральных округов имеют комплексный, многофакторный и пространственно взаимосвя-

занный характер. Полученные результаты подтверждают, что антропогенное воздействие на климатическую систему не может быть сведено исключительно к загрязнению окружающей среды или росту выбросов парниковых газов, а формируется совокупностью промышленных, аграрных, транспортных, водохозяйственных и ландшафтно-преобразующих процессов.

Ретроспективный анализ статистических данных по выбросам загрязняющих веществ и сбросам сточных вод выявил устойчивую антропогенную нагрузку на атмосферные и водные экосистемы СКФО, особенно в Ставропольском крае, что коррелирует с его неблагоприятными позициями в современных экологических рейтингах. Установлено, что даже при относительном снижении отдельных показателей в целом по округу сохраняются очаги повышенного экологического риска, способные формировать климатические и геоэкологические угрозы регионального масштаба.

Исследование показало, что ключевыми механизмами климатических изменений в СКФО являются усиление локального парникового эффекта, трансформация тепло- и влагообмена, деградация почвенно-растительного покрова и нарушение водного баланса. Особую роль играют сельское хозяйство и изменение землепользования, поскольку именно эти виды деятельности затрагивают фундаментальные биогеохимические циклы и снижают климаторегулирующую устойчивость природных ландшафтов. Существенный вклад в формирование микроклиматических аномалий вносят автомобильный транспорт и урбанизация, создающие «острова тепла» и усиливающие загрязнение приземного слоя атмосферы.

Важным результатом работы является установление трансграничного характера климатических и геоэкологических последствий. Показано, что природно-географические особенности СКФО: горный рельеф, предгорные зоны и водосборы рек Кума и Маныч – обуславливают перенос антропогенных эффектов за пределы округа. Через атмосферную циркуляцию и гидрологические связи негативные последствия реализуются в Южном федеральном округе, прежде всего в степных и аграрных районах, усиливая процессы аридизации, дефицита влаги и деградации агроландшафтов. Кумо-Манычская впадина в данном контексте выступает не только административной, но и функциональной природной границей, через которую осуществляется трансляция

климатических изменений. Это обосновывает необходимость перехода от фрагментарных региональных мер к комплексной межрегиональной политике адаптации и снижения антропогенной нагрузки, основанной на учете природных связей, ландшафтной структуры и климатической уязвимости территории.

Практическая значимость исследования состоит в том, что его результаты могут быть использованы при разработке региональных и межрегиональных мер по адаптации к климатическим изменениям и снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду. Выявленные пространственные закономерности и ключевые факторы воздействия представляют ценность для органов власти субъектов СКФО и ЮФО при территориальном планировании, экологическом нормировании, развитии систем экологического мониторинга, а также при управлении водными и земельными ресурсами. Полученные выводы могут быть полезны специалистам в области геоэкологии, климатологии и природопользования, а также применимы в аграрной и водохозяйственной практике при внедрении почвозащитных и ресурсосберегающих технологий. Материалы исследования могут использоваться в научной и образовательной деятельности при подготовке специалистов экологического и географического профиля и при оценке региональных климатических и экологических рисков.

Список литературы

1. Глобальное изменение климата и Северо-Кавказский федеральный округ. На пути к адаптации / Климатический центр Росгидромета; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). СПб.: Научное издание, 2021. 12 с. ISBN 978-5-6047504-4-5.
2. Борзенкова И. И., Будыко М. И., Бютнер Э. К. и др. Антропогенные изменения климата. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 405 с.
3. Дмитриев Я. С. Влияние метеорологических условий на загрязнение воздуха в городе Ростове-на-Дону: дис. бакалавра / ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», кафедра МКОА. Санкт-Петербург, 2020. 48 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/3RRNju> (дата обращения: 16.01.2026).
4. Три региона СКФО вошли в топ-10 в РФ с низкими объемами вредных выбросов // РБК Кавказ. 17 мая 2022. 18:30. URL: <https://kavkaz.rbc.ru/kavkaz/17/05/2022/6283bed59a79470f26f26ee1> (дата обращения: 16.01.2026).
5. Ставропольский край показал худший в СКФО результат в экологическом рейтинге // Коммерсантъ. 2025. 22 декабря. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8313619> (дата обращения: 09.01.2026).
6. Афанасьева Е. В., Якубов Р. Л. Анализ экологической ситуации Северо-Кавказского федерального округа // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 49. С. 8–10. URL: <https://doicodex.ru/doi/10.18411/tj-04-2019-147> (дата обращения: 09.01.2026). DOI: 10.18411/tj-04-2019-147.
7. Лифаренко Н. Выхлопные газы: чем опасен туман, захватывающий планету // Наука Mail. Экология. 28 июня 2025. URL: <https://science.mail.ru/articles/4124-vykhlopnyegazy/> (дата обращения: 17.01.2026).
8. Эксперты предупредили, что интенсивное сельское хозяйство может помешать борьбе с изменением климата // +1 (RBC). [Электронный ресурс]. URL: <https://plus-one.rbc.ru/ecology/intensivnoe-selskoe-hozyaystvo-pomeshayet-borbe-s-izmeneniyem-klimata> (дата обращения: 20.01.2026).
9. Камилов М. К., Камилова П. Д., Камилова З. М. Экологические проблемы в сельском хозяйстве как следствие интенсификации развития агропромышленного комплекса // Экономика и управление народным хозяйством. Экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами. АПК и сельское хозяйство. 2017. № 1. С. 11–20. DOI: 10.26726/2305-4484-2017-1-11-20.
10. Превышение вредных веществ в атмосфере выявили в некоторых городах Ставрополья // Ставрополь Медиа. [Электронный ресурс]. URL: <https://stavropol.media/news/2293580/> (дата обращения: 09.01.2026).
11. Жесткова Д. Б. Состав и структура травянистого покрова крупного промышленного города: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 Экология. Нижний Новгород, 2016. Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского.
12. Колесникова Д. С., Петухова В. С. Воздействие нефти и нефтепродуктов на свойства почв и растений // Вестник науки. 2024. Т. 3. № 12 (81). С. 2112–2116. URL: <https://www.vestnik-nauki.pf/article/19999> (дата обращения: 20.01.2026). ISSN 2712-8849.
13. Крахмаль А. Е., Волков И. В. Влияние автомобильного транспорта на экологию Кабардино-Балкарской Республики (на примере г. Нальчика) // Международный школьный научный вестник. 2016. № 1. URL: <https://school-herald.ru/ru/article/view?id=26> (дата обращения: 10.01.2026).
14. Скрипникова И. В. Эколого-экономический механизм снижения воздействия автотранспорта на воздушную среду. Туапсе: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2021. 52 с. [Электронный ресурс]. URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_454b2a1b98e742db8bc6e5aff85df662.pdf (дата обращения: 20.01.2026).
15. Бабенко И. В., Максименко Л. С., Капустина Н. В., Перцукова У. А. Оценка инновационного потенциала регионов Северо-Кавказского федерального округа // Вестник евразийской науки. 2024. Т. 16. № 3. URL: <https://esj.today/PDF/20FAVN324.pdf> (дата обращения: 10.01.2026).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.