ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ОПАСНОСТИ В ГИДРОСФЕРЕ
ECOLOGICAL PROBLEMS AND HAZARDS IN THE HYDROSPHERE

Научная статья / Scientific paper
УДК: 504.06: 624:551
DOI: 10.34753/HS.2026.8.1.47

Адаптационные климатические проекты: обеспечение экологической безопасности в чрезвычайных ситуациях и решение инженерно-геологических проблем

В.Н. Безносов[1,2], А.Ю. Виноградов[1], О.Е. Вязкова[2], В.А. Обязов[1], А.Л. Суздалева[2,3]
[1] ООО НПО «Гидротехпроект», г. Валдай, Россия;
[2] Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия;
[3] Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», г. Москва, Россия
e-mail: SuzdalevaAL@yandex.ru.

Аннотация. В условиях глобального потепления показана важность разработки адаптационных климатических проектов, целью которых является обеспечение нормальной жизнедеятельности населения в изменившихся условиях окружающей среды. Дано обобщающее определение термина климатогенная чрезвычайная ситуация. Обоснована значимость исследований в области инженерной геологии для минимизации негативных последствий этих событий. В качестве основных атрибутов климатогенных чрезвычайных ситуаций рассматриваются: неизбежность, глобальная распространенность, ожидаемость (сезонная периодичность), закономерность развития, частоты возникновения и возрастания уровня воздействия негативных факторов, а также их необратимость. Изменение климата неизбежно сопровождается образованием комплекса опасных геологических процессов и явлений. По этой причине разработка адаптационных климатических проектов должна учитывать как многолетние тренды гидрометеорологических показателей, так и изменения структуры и свойств поверхностных слоев земной коры. Для обозначения объектов с высоким уровнем риска разрушения и деградации при изменении климата предложен термин «критическая климатическая уязвимость». Выделено пять типов адаптационных климатических проектов: урбоклиматические, техноклиматические, агроклиматические, природноклиматические и структурно-организационные. Урбоклиматические проекты обеспечивают сохранение благоприятных условий жизни городского населения, техноклиматические – работу инженерно-технических систем, транспортных и иных коммуникации. Агроклиматические проекты предотвращают гибель посевов и сельскохозяйственных животных, природноклиматические – сохраняют природные объекты. Структурно-организационные климатические проекты включают необходимые в условиях глобального потепления изменения характера размещения населенных пунктов и стимулирование развитие новых видов деятельности, обеспечивающих занятость населения и достаточный уровень доходов. Все типы адаптационных климатических проектов предложено рассматривать как действия по практической реализации концепции устойчивого развития. Обоснована необходимость проведения специальных инженерно-экологических изысканий при разработке адаптационных климатических проектов и в процессе создания «адаптивных городов».

Ключевые слова: климатогенная чрезвычайная ситуация; геологическая среда; опасные геологические процессы; критическая климатическая уязвимость; адаптивный город.

Для цитирования: Безносов В.Н., Виноградов А.Ю., Вязкова О.Е., Обязов В.А., Суздалева А.Л. Адаптационные климатические проекты: обеспечение экологической безопасности в чрезвычайных ситуациях и решение инженерно-геологических проблем // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2026. Т. 8. Вып. 1. С. 47–59. DOI: 10.34753/HS.2026.8.1.47.

Climate Adaptation Projects: Ensuring Ecological Safety in Emergency Situations and Solving Engineering-Geological Problems

Viktor N. Beznosov[1,2], Alexey Yu. Vinogradov[1], Olga E. Vyazkova[2],
Victor A. Obyazov[1], Antonina L. Suzdaleva[3]
[1] Scientific and Industrial Research Association "Gidrotehproekt", Valday, Russia; [2] Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia; [3] National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia
e-mail: suzdalevaal@yandex.ru

Abstract. In the context of global warming, the importance of developing climate adaptation projects aimed at ensuring the well-being of the population in changing environmental conditions is demonstrated. A general definition of the term "climatogenic emergency" is provided. The importance of research in engineering geology for minimizing the negative consequences of these events is substantiated. The key attributes of climatogenic emergencies are considered to be: inevitability, global prevalence, predictability (seasonal periodicity), development patterns, frequency of occurrence and increase in the impact of negative factors, and their irreversibility. Climate change is inevitably accompanied by the emergence of a range of hazardous geological processes and phenomena. For this reason, the development of climate adaptation projects must consider both long-term trends in hydrometeorological indicators and changes in the structure and properties of the surface layers of the Earth's crust. The term "critical climate vulnerability" is proposed to denote objects with a high risk of destruction and degradation due to climate change. Five types of climate adaptation projects are identified: urban climate projects, technological climate projects, agroclimatic projects, natural climate projects, and structural-organizational projects. Urban-climatic adaptation projects ensure the maintenance of favorable living conditions for the urban population, while adaptation techno-climatic projects ensure the operation of engineering systems, transportation, and other infrastructure. Agroclimatic adaptation projects prevent the loss of crops and livestock, and natural-climatic adaptation projects preserve natural features. Structural-organizational adaptation climate projects include changes to the distribution of settlements necessary in conditions of global warming and stimulation of new activities that provide employment and adequate income. All types of climate adaptation projects are proposed to be considered as actions for the practical implementation of the concept of sustainable development. The need for specialized engineering-ecological surveys in the development of climate adaptation projects and activities aimed at creating "adaptive cities" is substantiated.

Keywords: climatogenic emergency; geological environment; hazardous geological processes; critical climate vulnerability; adaptive city.

For citation: Beznosov V. N., Vinogradov A. Yu., Vyazkova O. E., Obyazov V. A., Suzdaleva A. L. Climate Adaptation Projects: Ensuring Ecological Safety in Emergency Situations and Solving Engineering-Geological Problems. Hydrosphere. Hazard processes and phenomena, 2026, vol. 8, iss. 1, pp. 47–59. DOI: 10.34753/HS. 2026.8.1.47. (In Russian; abstract in English).

Введение

Климат – это основной фактор, определяющий структуру экосистем, исторически сложившихся в том или ином регионе, жизненные циклы организмов и формы традиционной деятельности населения. От его характера во многом зависит размещение, конструктивно-компоновочные особенности и назначение создаваемых человеком сооружений. Существующие природные, природно-техногенные и техногенные (антропогенные) объекты могут нормально функционировать только в диапазоне климатических флуктуаций, свойственных данному региону. Помимо этого, устойчивое изменение гидрометеорологических условий, как правило, вызывает возникновение серьезных инженерно-геологических проблем. Происходят изменения структуры и свойств земной коры на участках строительства и эксплуатации различного рода сооружений и коммуникаций. К ним, например, относятся такие явления как подтопление городских территорий или интенсификация на них карстово-суффозионных процессов, вызывающих проседание земной поверхности, деформацию

зданий и возникновение провалов. Таким образом, изменение климата создает обширный комплекс угроз для жизни людей, а также повышает вероятность нанесения значимого экономического и экологического ущерба. При достижении определенного уровня эти риски создают чрезвычайную ситуацию (ЧС), то есть условия, в которых продолжение обычной жизнедеятельности людей становится невозможным. Несмотря на то, что события подобного рода происходят с возрастающей частотой и сопровождаются усилением негативных последствий [1], термин «климатогенные чрезвычайные ситуации», то есть ЧС, вызванные изменением климата, не закреплен в правовых документах и практически не используется в научных работах. При описании подобных явлений все чаще употребляются словосочетания «климатическая катастрофа» и «климатический кризис» [2–3]. Но эти термины в полной мере не отражают сути явлений и, что еще более важно, ограничивают анализ спектра ЧС, обусловленных изменением климата. Смысловое различие в данном случае во многом определяет методологический поход к решению проблем. Климатическая ситуация – это сочетание сложившихся в какой-то период температурно-влажностных и гидрометеорологических условий. Следовательно, климатическая катастрофа или кризис – это крайне неблагоприятная ситуация подобного рода. При ее ликвидации основные действия направлены на спасение людей и сохранение материальных активов. В отличие от этого, климатогенная ЧС – это сочетание условий, не только прямо, но и косвенно обусловленных изменением климата. Часто они развиваются постепенно в форме тенденций ухудшения состояния окружающей среды, утраты ее ресурсов и повышения рисков при осуществлении традиционных форм деятельности. Одним из примеров климатогенной ЧС, вызванной изменением гидрометеорологических условий, является снижение урожайности основных для данного региона сельскохозяйственных культур, которое на определенным этапе становится причиной массового голода. Также к ЧС подобного рода можно отнести постепенное обводнение грунтов и горных пород при значительном увеличении количества атмосферных осадков, провоцирующем образование катастрофических оползней. Поэтому прогноз и минимизация ущербов климатогенных ЧС должны основываться не только на анализе трендов гидрометеорологических показателей, но и на результатах мониторинга структуры и свойств поверхностных слоев земной коры. Только на основе подобного междисциплинарного подхода можно разработать меры, реализация которых позволит обеспечить нормальную жизнедеятельность населения в новых условиях. Совокупность подобных действий обозначается как «адаптационные климатические проекты» [4]. Их задачей является не обеспечение выживания населения в экстремально дискомфортной обстановке или его спасение, например, благодаря доставке гуманитарной помощи, а формирование в новых климатических условиях благоприятной окружающей среды, в том числе обеспечивающей экологическую безопасность населения, включая минимизацию экологических рисков [5–6]. Цель настоящей статьи заключается в обобщении накопленного опыта в этой области и выработке единого методологического подхода к предотвращению негативных последствий климатогенных ЧС.

Методологическая основа адаптационных климатических проектов

Тренды изменения климата в период происходящего глобального потепления для большинства регионов планеты уже установлены. Попытки сдерживания этого процесса путем коррекции содержания парниковых газов в атмосфере позитивных результатов не дали. Вероятно, несмотря на многочисленные декларации международных организаций, этого не следует ожидать и в будущем. Уже сейчас масса парниковых газов (CO_2 и CH_4), выделяющихся на огромных площадях деградирующей (оттаивающей) многолетней мерзлоты за счет разложении содержащихся в ней органических веществ, значительно превышает объем планируемого сокращения промышленных выбросов [7]. Бюрократические инициативы, такие как контроль за «углеродным следом

продукции», представляют собой инструмент политической борьбы. Многие известные специалисты изначально отрицали связь глобального потепления с деятельностью человека, рассматривали его как этап постоянно происходивших в истории Земли климатических циклов [8–9]. С этой точки зрения использование климатических трендов как основы деятельности по адаптации населения к изменению условий и обеспечению экологической безопасности вполне обосновано.

Установлению причинно-следственной связи между потеплением климата и формированием инженерно-геологических условий уделяется недостаточное внимание. Под ними в контексте рассматриваемой проблемы понимаются особенности структуры и свойств земной коры, от которых зависит безопасность осуществления на ее поверхности различных видов человеческой деятельности, прежде всего, возведение, а также эксплуатация различного рода техногенных и природно-техногенных объектов.

Если принять, что возникновение климатогенных ЧС является проявлением многолетних трендов изменения окружающей среды, включая верхние слои литосферы, то все события подобного рода обладают следующими общими чертами.

1. Неизбежность. В отличие от техногенных, природных и биосоциальных ЧС, не спровоцированных глобальным потеплением, развитие процессов и явлений, сопровождающих трансформацию климатической системы планеты, происходит неотвратимо. Их риск нельзя снизить таким же образом, как снижают риск аварий на промышленных предприятиях – путем разработки новых правил эксплуатации оборудования или переходом на более безопасные технологии. К климатогенным ЧС население может только адаптироваться, заблаговременно приняв меры по минимизации ущербов. Так, авария на заводе может не возникнуть, но наводнения при положительном многолетнем тренде количества осадков произойдут неминуемо.

2. Глобальная распространенность. Климатогенные ЧС происходят практически на всей поверхности планеты. Их масштабы, вероятно, будут возрастать, а характер станет более разнообразным – появятся принципиально новые формы. Так, по мнению некоторых исследователей, потепление климата может спровоцировать таяние ледников Антарктиды, которое вызовет повышение уровня Мирового океана, затопление и подтопление огромных прибрежных территорий на всех материках [10]. Как следствие, в этих регионах неизбежно произойдет и трансформация поверхностных горизонтов литосферы.

3. Ожидаемость. Для большинства климатогенных ЧС с большой вероятностью можно заблаговременно определить место и время возникновения. Примером являются практически ежегодно происходящие пожары на южной границе таежной зоны Сибири. Они обусловлены периодической засухой в весенне-летний период, которая сопутствует закономерному сдвигу ландшафтно-климатических зон из-за глобального потепления [11]. В данном случае наблюдается процесс остепнения лесной зоны.

4. Неуклонное усиление факторов негативного воздействия и увеличение наносимого ими ущерба. Показатели, характеризующие различные аспекты негативного воздействия ЧС, причинами которых выступает потепление климата, все чаще превышают значения, полученные в аналогичных ситуациях за весь предшествовавший период наблюдений. В соответствии с этим им присваивается статус аномальных явлений.

5. Необратимость. Глобальное потепление – это процесс перехода климатической системы планеты из одного состояния в другое. Теоретически возможен и обратный процесс – глобальное похолодание. Но смена направления глобальных климатических изменений происходит в течение периодов времени, измеряемых как минимум сотнями лет. Поэтому с точки зрения обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности населения и его экологической безопасности динамику климатических процессов имеет смысл анализировать только на протяжении ограниченного периода, соответствующего

продолжительности жизни нескольких поколений людей. С этой точки зрения наблюдающиеся изменения климата необратимы. Еще в большей степени необратимы спровоцированные потеплением процессы, происходящие в недрах планеты. В некоторых случаях изменения климата приводят к устойчивому состоянию окружающей среды, в которой существование людей становится невозможным. Например, это возникший в ряде регионов во второй половине XX века катастрофический дефицит водных ресурсов [12]. Для выживания населения в них необходимо практически постоянно осуществлять экстренные меры. Подобные явления следует рассматривать как хронические ЧС [13].

Цель и алгоритм разработки адаптационных климатических проектов

Совокупный анализ изложенных выше общих черт климатогенных ЧС приводит к заключению, что наиболее эффективным способом минимизации негативных последствий является создание адаптационных климатических проектов. Основной целью этой деятельности должно являться формирование устойчивой благоприятной окружающей среды, т.е. обеспечение ее экологической безопасности и снижение до приемлемого уровня риска для здоровья и жизни людей. Подобный подход к решению проблемы принципиально отличается от целей и методов работы в условиях ЧС других видов. Так, при техногенной катастрофе внимание прежде всего уделяется локализации района воздействия поражающих факторов и эвакуации населения из опасной зоны. По окончанию этих работ ЧС считается ликвидированной, и население возвращается к нормальной жизнедеятельности. При климатогенных ЧС подобный подход может дать только временный результат. Например, при закономерной повторяемости аномальных наводнений, сопровождающихся увеличением масштабов, эвакуация населения и восстановление разрушенных построек улучшит ситуацию до следующего наводнения. В данном случае решением проблемы является адаптационный климатический проект, включающий перемещение жилых зданий и иных объектов из зоны возможного затопления, а также создание (модификация) системы транспортных и иных коммуникаций. Реализация такого проекта потребует значительно больших средств, чем традиционные меры борьбы с последствиями наводнения. Но если суммировать эти затраты за несколько лет, то создание климатического проекта представится экономически оправданным.

Существует еще один аспект проблемы, также в той или иной мере сопряженный с обеспечением экологической безопасности при климатогенных ЧС. Это вопрос занятости населения в новых климатических условиях, недопущение снижения качества жизни людей и уровня их доходов. Изменение окружающей среды, вызванное периодически возникающими или хроническими климатогенными ЧС [13], нередко приводит к невозможности осуществления ранее широко практиковавшихся форм деятельности. Следовательно, одним из направлений климатических проектов должна стать корректировка или даже переориентация основных форм занятости населения [14–15].

Общность источника климатогенных ЧС и задач деятельности по их недопущению открывает широкие возможности для использования стандартного ***алгоритма решения*** данных проблем. Его основу составляет следующая последовательность действий.

1. Определение характера вероятных ЧС в данном регионе на основе анализа многолетних трендов процессов, прямо или косвенно связанных с глобальным потеплением. При анализе этих материалов следует выделять две категории явлений: импактные и постепенно развивающиеся. Первые из них – это события, происходящие в течение короткого периода времени (например, ураган или наводнение). Постепенно развивающиеся процессы закономерно изменяют условия окружающей среды на протяжении длительного периода. Нередко на начальном этапе они не сопровождаются ощутимыми негативными эффектами. Но в определенный момент они достигают уровня, при котором обеспечение нормальной жизнедеятельности населения

становится невозможным. Примером может служить увеличивающийся дефицит водных ресурсов, наблюдающийся в некоторых регионах планеты. В других регионах, напротив, происходящее повышение количества осадков приводит к развитию комплекса опасных геологических процессов и явления. Так, в результате интенсивной денудации горных пород резко усиливается образование карстовых провалов [16].

2. Проведение дополнительных инженерно-геологических изысканий. Их основной целью является актуализация материалов, полученных в предшествующий период, а также прогноз развития опасных геологических процессов и явления в условиях продолжающихся изменений климата. Реализация адаптационных климатических проектов на основе устаревших данных имеет опасные последствия. Гипотетическим примером может быть переселение людей из зоны периодического затопления на территорию, где под влиянием климатических процессов возникают условия для образования оползней или селевых потоков, которые ранее на этом участке земной поверхности не наблюдались.

3. Идентификация критических климатических уязвимостей. Для обозначения «склонности или предрасположенности» к неблагоприятному воздействию изменения климата в международном стандарте ГОСТ Р ИСО 14050-2023 «Экологический менеджмент. Словарь» (пункт 3.8.13) используется термин «уязвимость» (vulnerability). Вместе с тем данное понятие без дополнительного уточнения может иметь значительно более широкий смысл. Так, человек, находящийся на возвышенности во время грозы, уязвим для ударов молнии. Кроме того, в стандарте не указывается объект уязвимости. Может ли им являться живой организм или сооружение? Подобная неопределенность создает некоторые затруднения в использовании данного понятия. Представляется целесообразным уточнить как сам термин, так его трактовку, предложив следующее определение: климатическая уязвимость – это потенциальная подверженность какого-либо объекта, вне зависимости от его характера и происхождения, негативному воздействию, прямо или косвенно обусловленному устойчивым изменением климата. С этой точки зрения понятие «климатическая уязвимость» может применяться как к населению (его группам), так и к природным и техногенным объектам. По своему характеру и значимости данные явления весьма различны. Например, повышение летних температур может создавать угрозу теплового удара для людей, а может приводить к гибели посевов, вызывающих голод в стране. Поэтому при разработке климатических проектов важно выделить критические климатические уязвимости, т.е. те из них, которые могут привести к возникновению ЧС.

4. Типизация климатических проектов. Критические уязвимости могут играть важную роль в различных сферах жизни. В соответствии с характером уязвимостей, для обобщения опыта и внедрения удачных решений климатические проекты целесообразно разделить на следующие основные типы:

природноклиматические проекты – деятельность, направленная на сохранения в условиях глобальных климатических изменений природных объектов, служащих источником экосистемных услуг (ecosystem services) [17], т.е. выгод и благ (включая духовные), извлекаемых из естественной окружающей среды и используемых человеком для удовлетворения насущных потребностей (примером могут служить мероприятия по борьбе с вредителями леса, распространение которых вызвано потеплением климата);

агроклиматические проекты – деятельность по предотвращению гибели посевов и сельскохозяйственных животных, причиной которых прямо или косвенно является изменение климата (в качестве основного направления на современном этапе можно рассматривать ирригацию земель, подверженных засухе);

урбоклиматические проекты – меры по сохранению благоприятных для жизни условий в городах при потеплении климата (важным направлением является организация резервных источников водоснабжения [18], способных предотвратить нарушение работы водопровода и

системы канализации, а также создание (модификация) систем водоотведения, способных предотвратить, затопление и подтопление городской территории);

техноклиматические проекты – мероприятия, обеспечивающие в изменившихся условиях работу инженерно-технических систем, а также транспортных и иных коммуникаций (например, регулирование стока рек с целью сохранение условия для водных перевозок и работы ГЭС в засушливый период [19];

структурно-организационные климатические проекты, включающие необходимое в новых климатических условиях изменение характера размещения населенных пунктов и стимулирование развитие новых видов деятельности, обеспечивающих занятость населения и достаточный уровень доходов (в некоторых случаях – это переселение людей из районов климатических кризисов, при отсутствии реальной возможности обеспечить их нормальную жизнедеятельность на участках их прежнего проживания).

5. Оценка возможности комплексных и сопряженных решений. Нередко в одном и том же регионе необходима одновременная реализация нескольких различных климатических проектов. Поэтому целесообразно: рассматривать их объединение в единую комплексную программу; сохранять в качестве ее отдельных направлений цели и задачи, определенные для каждого из типов климатических проектов; оценивать экономические и административно-управленческие выгоды подобного шага. Особый интерес представляют сопряженные решения, когда результаты одного климатического проекта могут использоваться при выполнении другого. Их возможность обусловлена тем, что глобальное изменение климата приводит к перераспределению количества осадков и сдвигу границ ландшафтно-климатических зон. Одновременно в одних регионах возникает дефицит водных ресурсов, в других – наводнения. Сопряженным решением таких ЧС, способным обеспечить экологическую безопасность населения обширных территорий, является, например, создание систем отведения избыточных вод. Они могут быть созданы путем модификации уже существующих гидроэнергетических каскадов и воднотранспортных коммуникаций [20–21]. Подобные климатические проекты могут приносить финансовую выгоду при включении в формирующийся международный рынок водных ресурсов [12]. В настоящее время они уже разрабатываются и осуществляются во многих странах [22]. Другим примером сопряженного решения при разработке климатических проектов является реализуемые в Китае государственные программы смещения на север площадей возделывания некоторых культур, выращивание которых в этих районах ранее было невозможным по климатическим условиям [23], и использование освободившихся участков для получения других видов сельскохозяйственной продукции.

6. Обоснование соответствия целям устойчивого развития. Данная концепция, принятая мировым сообществом, подразумевает соответствие осуществляемых в настоящее время проектов интересам будущих поколений [24]. В соответствии с этим, во-первых, необходимо обосновать, что реализация проекта будет способствовать сохранению благоприятных экологических и экономических условий для жизни населения на протяжении неограниченно длительного периода времени. Во-вторых, поскольку климатогенные ЧС носят периодический (хронический) характер и имеют тенденцию к усилению, то в проекте должны быть представлены результаты, характеризующие наличие достаточного «запаса прочности», предусматриваемых им структур, конструкций и материалов.

Обоснование соответствия климатического проекта концепции устойчивого развития создает условия для привлечения дополнительных средств на его реализацию. Решение данного вопроса особенно важно для продолжения осуществления проекта в периоды между «климатическими кризисами», а в оптимальном варианте – до достижения климатическими изменениями критического уровня, позволяющего рассматривать их как ЧС регионального или даже межрегионального

масштаба. Так, строительство гидротехнических систем по отведению избыточных паводковых вод в засушливые регионы должно осуществляться превентивно, не в период наводнения. А инъектирование укрепляющими материалами горных пород, склонных к утрате прочностных характеристик в результате развития карстово-суффозионных процессов, должно выполняться непосредственно после получения результатов инженерно-геологического мониторинга, указывающих на риск их интенсификации в ходе происходящих изменений климата [25].

Климатические проекты и создание «адаптивных городов»

К настоящему времени большая часть человечества живет в городах, и их население продолжает неуклонно возрастать. Скопление большого количества людей на ограниченной площади и размещение на ней значительных материальных активов, с одной стороны, повышает масштабы рисков ущерба, наносимых климатогенными ЧС, с другой стороны, развитая городская инфраструктура может быть использована как основа для защиты от негативных воздействий, сопутствующих ЧС. Для решения этих проблем широкое распространение получили исследования в области создания так называемого «адаптивного города» (resilient cities).

В теоретическом плане концепция «адаптивный город» подразумевает совершенствование работы городских систем, обеспечивающих безопасность населения в ЧС и восстановление нарушенных условий жизнедеятельности по принципу «лучше, чем было», т.е. направленных не на ликвидацию сиюминутных проблем, а на достижение долгосрочного процветания города и его жителей [26]. Таким образом, основное внимание уделяется не разработке климатических проектов, защищающих регион, в котором расположен город, а совершенствованию работы внутригородских служб, их способности оперативно реагировать на возникновение ЧС.

Подобный взгляд на проблему представляется искусственно ограниченным, в котором город рассматривается как объект, способный самостоятельно противодействовать критическому изменению условий окружающей среды. Он несет опасность недоучета масштабов негативных процессов и явлений, благодаря изоляции города от событий, происходящих в регионе его размещения. Так, вместо отвода паводковых вод на основе гидротехнических систем, предназначенных для межбассейнового перераспределения стока, основное значение при защите от наводнений придается возведению берегозащитных сооружений, препятствующих затоплению городской территории. Не подвергая сомнению необходимость подобных действий, следует указать на целесообразность установления более тесной взаимосвязи между разработкой проектов в области «адаптированного города» и региональных адаптационных климатических проектов, основанных на идентификации критических климатических уязвимостей. При этом необходимо учитывать весь их спектр и превентивно разрабатывать комплекс мер по их устранению (минимизации). Например, повышение уровня Мирового океана рано или поздно потребует реализации структурно-организационных климатических проектов, включающих возведение городской застройки на новых местах. Недостаток внимания к агроклиматическим проектам может привести к дефициту в городах пищевых продуктов, а отсутствие своевременной реализации техноклиматических проектов по регулированию стока речных бассейнов – к нехватке воды в новых условиях.

Отдельное внимание следует уделять проблемам в области инженерной геологии. Поверхностные слои земной коры на большей части городской территории подверглись глубокой и многоплановой техногенной трансформации (техногенезу). Для их обозначения используется термин «геологическая среда» [27]. Несмотря на высокую неоднородность этого образования, всем его формам присуще одно общее свойство – высокая степень подверженности разрушительному воздействию внешних факторов. В частности, практически все формы опасных геологических

процессов и явлений, в том числе спровоцированные изменением климата, протекают в геологической среде со значительно большей скоростью, чем в естественных массивах горных пород. Результатом является опасная для городской застройки деформация и разрушения зданий, а также транспортных коммуникаций [28]. При достижении определенных масштабов подобные явления могут стать причиной возникновения ЧС. Наглядным примером может служить разрушение экологически опасных объектов на участках деградирующей многолетней мерзлоты [29]. По этой причине при создании адаптивных городов, подстилающую их геологическую среду следует априорно рассматривать как критическую климатическую уязвимость. Для уточнения этого вопроса необходима организация инженерно-геологического мониторинга.

Заключение

Глобальное потепление во многих регионах планеты вызывает изменение условий окружающей среды, при которых исторически сложившаяся жизнедеятельность населения сталкивается с серьезными затруднениями, а в ряде случаев становится невозможной. Одновременно возникают многоплановые проблемы в области обеспечения экологической безопасности. Кроме этого, изменение климата нередко сопровождается активизацией опасных геологических процессов и явлений, создающих угрозу для жизни людей, а также наносящих значительный экономический и экологический ущерб. По этой причине разработка адаптационных климатических проектов должна включать проведение дополнительных инженерно-геологических изысканий, в цели которых входит актуализация ранее полученных данных. Опасность и масштабы подобных событий позволяют рассматривать их как вид катастрофических событий – климатогенных чрезвычайных ситуаций. Эффективным способом снижения рисков и минимизации наносимых подобными событиями ущербов является разработка и реализация различных типов адаптационных климатических проектов. Их основными целями являются создание комфортной среды обитания для населения в новых климатических условиях, снижение рисков для здоровья и жизни людей и обеспечение экологической безопасности. Отдельного внимания заслуживают сопряженные решения, при которых результаты одного климатического проекта могут использоваться при выполнении другого. В качестве примера рассматривается отведение избыточных паводковых вод, вызывающих катастрофические наводнения, в те регионы, которые испытывают их дефицит. Создание необходимых для этого гидротехнических систем по межбассейновому перераспределению стока возможно на основе модификации уже существующих гидроэнергетических каскадов и воднотранспортных коммуникаций. Адаптационные климатические проекты всех типов следует рассматривать как реализацию концепции устойчивого развития. Они также должны быть взаимно скорректированными с мерами по созданию «адаптивных городов».

Литература / References

1. Осипов В.И. Природные опасности и стратегические риски в мире и в России // Экология и жизнь. 2009. № 11–12 (96–97). С. 6–15. EDN:muxwph.
   Osipov V.I. Natural hazards and strategic risks – in the world and in Russia. Ecology and Life, 2009, no. 11–12(96–97), pp. 6–15. EDN:muxwph.
2. Schäfer M., Hase V., Mahl D., Krayss X. From “Climate Change” to ‘Climate Crisis’? Analyzing Changes in Global News Nomenclature from 1996 to 2021. Bergen Language and Linguistics Studies, 2023, vol. 13, no. 1. DOI:10.15845/bells.v13i1.398.
3. Бычкова О.В., Каганова Е.А. Фрейм климатической катастрофы: российские ученые и СМИ об изменениях климата // Мир России. 2025. Т. 34. № 2. С. 120–142. DOI:10.17323/1811-038X-2025-34-2-120-142.

Bychkova O.V., Kaganova E.A. The climate catastrophe frame: Russian scientists and the media on climate change. Universe of Russia, 2025, vol. 34, no. 2, pp. 120–142. DOI:10.17323/1811-038X-2025-34-2-120-142.

4. Суздалева А.Л. Климатические проекты: основные виды и их результативность // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № 1. Порядковый номер 20. EDN:oelgrl.
   Suzdaleva A.L. Climate actions: main types and their effectiveness. The Eurasian Scientific Journal, 2023, vol. 15, no. 1, art. 20.
5. Amorim-Maia A.T., Olazabal M. Beyond adjustment: A new paradigm for climate change adaptation in a complex world. Global Environmental Change, 2025, vol. 93, art. 103027. DOI:10.1016/j.gloenvcha.2025.103027.
6. Obiorah C.A., Ndubuisi O.G., Ali S.E., Aku U.T., Nesiama O., Agbakhamen C.O., Gumi S.A. Advanced Climate Change and Adaptation Strategies for a Sustainable Resilient Future. International Journal of Innovative Biochemistry and Microbiology Research, 2025, vol. 13, no. 2, pp. 13–26. DOI:10.5281/zenodo.15262334.
7. Разумов С.О. Иллюзия антропогенных климатических потеплений или последствия деградации вечной мерзлоты // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2015. №12(21). С. 7–10. EDN:voiyrz.
   Razumov S.O. The illusion of anthropogenic climate warming or the consequences of permafrost degradation. Eurasian Union of Scientists, 2015, no. 12(21), pp. 7–10. EDN: voiyrz.
8. Котляков В.М. О причинах и следствиях современных изменений климата // Солнечно-Земная физика. 2012. Вып. 21. С. 110–114. EDN:qyvdel.
   Kotlyakov V.M. On causes and effects of current climate changes. Solar-Terrestrial Physics, 2012, no. 21, pp. 110–114. EDN:qyvdel.
9. Шерстюков Б.Г. Глобальное потепление и его возможные причины // Гидрометеорология и экология. 2023. № 70. С. 7–37. EDN:uvnhgq.
   Sherstyukov B.G. Global warming and its possible causes. Hydrometeorology and ecology, 2023, no. 70, pp. 7–37. EDN:uvnhgq.
10. Singh U.S. Sea level rise is unprecedented in the recent past. Biophilia Insights, 2025, vol. 3, no. 1, art. e202531001. DOI:10.52679/bi.e20 2531001.
11. Буряк Л.В., Кукавская Е.А., Каленская О.П., Малых О.Ф., Бакшеева Е.О. Последствия лесных пожаров в южных и центральных районах Забайкальского края // Сибирский лесной журнал. 2016. № 6. С. 94–102. EDN:xsaruv.
    Buryak L.V., Kukavskaya E.A., Kalenskaya O.P., Malykh O.F., Baksheeva E.O. Effects of forest fires in southern and central areas of the Zabaykal region. Siberian Forest Journal, 2016, vol. 6, pp. 94–102. EDN:xsaruv.
12. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Экологические основы формирования международного рынка ресурсов пресной воды // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия экология и безопасность жизнедеятельности. 2014. № 4. С. 85–98. EDN:sykqqp.
    Suzdaleva A.L., Goryunova S.V. Ecological foundations of international fresh water resources market formation. RUDN Journal of Ecology and Life Safety, 2014, no. 4, pp. 85–98.
13. Суздалева А.Л., Сидоренко А.В. Периодические и хронические чрезвычайные ситуации, обусловленные глобальным потеплением // Естественные и технические науки. 2022. № 12(175). С. 359–360. EDN:dqbwmf.
    Suzdaleva A.L., Sidorenko A.V. Periodic and chronic global warming emergencies. Natural and Technical Sciences, 2022, no. 12(175), pp .359–360. EDN:dqbwmf.

14. Li X. Physical climate change exposure and firms' adaptation strategy. Strategic Management Journal, 2025, vol. 46, pp. 750–789. DOI: 10.1002/smj.3674.

15. Hultgren A., Carleton T., Delgado M., Gerge D.R., Greenstone M., Houser T., Hsiang S., Jina A., Kopp R.E., Malevich S.B., McCusker K.E., Mayer T., Nath I., Rising J., Rode A., Yuan J. Impacts of climate change on global agriculture accounting for adaptation. Nature, 2025, vol. 642, pp. 644–652. DOI: 10.1038/s41586-025-09085-w.

16. Taminskas J., Minkevičius V., Linkevičienė R., Mikulėnas V., Danielius S., Satkūnas J. Karst geohazard and climate change: observations and assumptions for prediction. Episodes, 2025, vol. 48, no. 2, pp. 151–162. DOI: 10.18814/epiiugs/2025/025005.

17. Тихонова Т.В. Экосистемные услуги: пути практического использования // Проблемы развития территории. 2019. № 1 (99). С. 25–39. EDN:ywtdxv.
Tikhonova T.V. Ecosystem services: ways of their practical application. Problems of Territory's Development, 2019, no. 1 (99), pp. 25–39. EDN:ywtdxv.

18. Безносов В.Н., Суздалева А.Л. Урбоклиматические проекты для предотвращения чрезвычайных ситуаций в водоснабжении мегаполисов // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2024. Т. 6. № 1. С. 35–51. DOI: 10.34753/HS.2024.6.1.35. EDN:habrdf.
Beznosov V.N., Suzdaleva A.L. Urbanization climate actions to prevent emergencies in the water supply of megacities. Hydrosphere. Hazard Processes and Phenomena, 2024, vol. 6, iss. 1, pp. 35–51. DOI: 10.34753/HS.2024.6.1.35. EDN:habrdf.

19. Федоров М.П., Суздалева А.Л. Гидротехническое строительство как основа устойчивого развития // Гидротехническое строительство. 2014. №11. С.27–30. EDN:talpwr.
Fedorov M.P., Suzdaleva A.L. Hydrotechnical construction as a basis for sustainable development. Hydrotechnical construction, 2014a, no. 11, pp. 27–30. EDN:talpwr.

20. Суздалева А.Л. Гидротехническое строительство при организации рынка ресурсов пресной воды // Гидротехническое строительство. 2015. № 9. С. 48–54. EDN:uzmkij.
Suzdaleva A.L. Hydrotechnical construction in the organization of the fresh water resources market. Hydrotechnical construction, 2015, no. 9, pp. 48–54. EDN:uzmkij.

21. Суздалева А.Л. Водноресурсная логистика: международные аспекты // Мировая экономика и международные отношения. 2017. Т. 61. № 11. С.5–12. EDN:ztlyaf.
Suzdaleva A.L. Water resources logistics: international dimension. World Economy and International Relations, 2017, vol. 61, no. 11, pp. 5–12. EDN:ztlyaf.

22. Shumilova O., Tockner K., Thieme M., Koska A., Zarfl C. Global Water Transfer Megaprojects: A Potential Solution for the Water-Food-Energy Nexus? Frontiers in Environmental Science, 2018, vol. 6. art. 150. DOI: 10.3389/fenvs.2018.00150.

23. Liu C. Impact of Global Warming on China's Agricultural Production. ESAT 2022, E3S Web of Conferences, vol. 352. art. 03024. DOI: 10.1051/e3sconf/202235203024.

24. Федоров М.П., Суздалева А.Л. Экологическая оптимизация гидроэнергетики как альтернативная стратегия охраны окружающей среды // Гидротехническое строительство. 2014. № 3. С. 10–15. EDN:rzcyzb.
Fedorov M.P., Suzdaleva A.L. Ecological optimization of hydropower as an alternative strategy for environmental protection. Hydrotechnical construction, 2014, no. 3, pp. 10–15. EDN:rzcyzb.

25. Liu P, Chen P, Song X, Feng X and Zhang C. Editorial: Evolution mechanism and prevention technology of karst geological engineering disasters. Front. Earth Sci., 2026, vol. 13, art. 1768763. DOI:10.3389/feart.2025.1768763.

26. Wang Z., Tan Y., Lu X. Twenty Years of Resilient City Research: Reviews and Perspectives. Sustainability, 2024, vol. 16, art. 11211. DOI:10.3390/su16241121.

27. Сергеев Е.М. Инженерная геология – наука о геологической среде // Инженерная геология. 1979. № 1. С.1–9.
Sergeev E.M. Engineering geology – the science of the geological environment. Engineering Geology, 1979, no. 1, pp.1–9.

28. Смирнов И.Н., Мамина Д.Х., Суздалева А.Л., Медведев В.Т., Безносов В.Н. Форсайт экологической безопасности трансформации геологической среды урбанизированных территорий // Естественные и технические науки. 2025. №5(204). С. 253–256. EDN:babeia.
Smirnov I.N., Mamina D.Kh., Suzdaleva A.L., Medvedev V.T., Beznosov V.N. Foresight of ecological safety of transformation geological environment of urbanized areas. Natural and Technical Sciences, 2025, no. 5(204), pp. 253–256. EDN:babeia.

29. Безносов В.Н., Суздалева А.Л., Алборов И.Д., Цховребов Э.С., Филиппова О.П. Лолаев А.Б. Проблемы экологической безопасности техногенных объектов в условиях деградации многолетней мерзлоты // Вестник евразийской науки. 2024. Т.16. №2. Порядковый номер 70. EDN:dozbxw.
Beznosov V.N.1, Suzdaleva A.L., Alborov I.D., Tshovrebov E.S., Filippova O.P., Lolaev A.B. Problems of ecological safety of anthropogenic objects in the conditions of permafrost degradation. The Eurasian Scientific Journal, 2024, vol. 16, no. 2, art. 70. EDN:dozbxw.

Поступила в редакцию / Received 05.06.2026
Принята к публикации / Accepted 25.06.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Безносов Виктор Николаевич, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ООО НПО «Гидротехпроект»; г. Санкт-Петербург, Россия; профессор, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия; РИНЦ ID: 70722, Scopus: 6602408849, ORCID: 0000-0002-5878-0252; e-mail: BeznosovVN@yandex.ru.

Виноградов Алексей Юрьевич, доктор технических наук, генеральный директор, ООО НПО «Гидротехпроект», г.Валдай, Россия; WoS ResearcherID: D-3751-2016, ORCID: 0000-0001-8838-8676; e-mail: gd@npogtp.ru.

Вязкова Ольга Евгеньевна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия; РИНЦ ID: 184816, ORCID: 0000-0003-0927-3606; e-mail: wjask@yandex.ru

Обязов Виктор Афанасьевич, доктор географических наук, технический директор, ООО НПО «Гидротехпроект», г.Валдай, Россия; WoS ResearcherID: JBR-8590-2023, ORCID: 0000-0002-9644-1286; e-mail: td@npogtp.ru.

Суздалева Антонина Львовна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры инженерной экологии и охраны труда; Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ МЭИ), г. Москва, Россия; профессор, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе; г. Москва, Россия; РИНЦ ID: 70718, Scopus: 6507201491, ORCID: 0000-0001-7673-1967, WoS ResearcherID: ABF-2562-2020; e-mail: SuzdalevaAL@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Viktor N. Beznosov, D.Sc. (Biology), Chief science officer; NPO "Gidrotechproekt", Saint-Petersburg, Russian, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia; ID RISC: 70722, Scopus: 6602408849, ORCID: 0000-0002-5878-0252; e-mail: BeznosovVN@yandex.ru.

Alexey Yu. Vinogradov, D.Sc. (Technical Sciences), Director, NPO "Gidrotekhproekt", Valday, Russia; WoS ResearcherID: D3751-2016, ORCID: 0000-0001-8838-8676; e-mail: gd@npogtp.ru.

Olga E. Vyazkova, D.Sc. (Geology and Mineralogy), Professor, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia; ID RISC: 184816, ORCID: 0000-0003-0927-3606; e-mail: wjask@yandex.ru.

Viktor A. Obyazov, D.Sc. (Geography), Technical Director, NPO "Gidrotekhproekt", Valday, Russia; WoS ResearcherID: JBR-8590-2023, ORCID: 0000-0002-9644-1286; e-mail: td@npogtp.ru.

Antonina L. Suzdaleva, D.Sc. (Biology), Professor, Professor of the Department of Engineering Ecology and Labor Protection; National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (MPEI), Moscow, Russia, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia; ID RISC: 70718, WoS ResearcherID: ABF-2562-2020; Scopus: 6507201491, ORCID: 0000-0001-7673-1967; SuzdalevaAL@yandex.ru.