Методика исследований, моделирование, геоинформационные технологии

Research methodology, modeling, geoinformation technologies

Научная статья
УДК 551.442 (435)

ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА ПРОВАЛОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

А. И. Смирнов[1], П. Е. Челпанов[2]

1 — Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия,

smalil@mail.ru, ORCID 0000-0003-3129-6142

2 — ООО «Уфастройизыскания», г. Уфа, Россия, ooo-usiz@mail.ru

Интерактивная карта — электронная карта, сопряженная с базой данных содержащихся в ней объектов. Она позволяет пользователю получать пространственное положение выбранного объекта и его характеристику в режиме реального времени. Провал — внезапное образование отрицательной формы рельефа с отвесными или нависающими бортами. Провалы оказывают негативное воздействие на устойчивость существующих социально-экономических объектов и морально-психологическое состояние людей. По генезису они могут быть природными, обусловленные естественными причинами и техногенными, вызванные антропогенным воздействием на состояние недр. Образование провалов природного происхождения связано на рассматриваемой территории с развитием карстового процесса, техногенного — вызвано авариями на подземных коммуникациях водоснабжения и водоотведения. По механизму образования первые представлены карстово-гравитационными провалами, вторые — техногенными гравитационными и техногенными карстово-суффозионными. Карстово-гравитационные провалы образуются в результате обрушения сводов карстовых полостей, техногенные гравитационные — в следствие обрушения сводов туннелеобразных самотечных водонесущих коммуникаций, а техногенные карстово-суффозионные — обусловлены порывами водоводов. Согласно действующим нормативным документам по проектированию и строительству зданий и сооружений частота провалообразования (случаев в год) является одним из основных показателей карстовой опасности любой закарстованной территории. Созданная и пополняемая интерактивная карта карстовых провалов предназначена для оперативного получения данных о них при инженерно-геологических изысканиях под застраиваемые участки, выбора мер противокарстовой защиты и принятия управленческих решений при планировании вновь осваиваемых в хозяйственном отношении территорий. Интерактивная карта создана впервые на основе базы данных провалов земной поверхности с фиксированным временем образования на платформе сайта ООО «УфаСтройИзыскания».

Ключевые слова: программно-независимая электронная карта, карст сульфатный, карст карбонатный, провал карстово-гравитационный, провал техногенный гравитационный, провал техногенный карстово-суффозионный

Для цитирования: *Смирнов А. И., Челпанов П. Е.* Интерактивная карта провалов земной поверхности Республики Башкортостан // Геологический вестник. 2025. №3. С. 172–179. DOI: 10.31084/2619-0087/2025-3-12

For citation: Smirnov A. I., Chelpanov P. E. (2025) Interactive map of land surface sinkholes in the Republic of Bashkortostan. *Geologicheskii vestnik*. 2025. No. 3. P. 172–179. DOI: 10.31084/2619-0087/2025-3-12

Благодарности: авторы выражают благодарность ведущему специалисту отделения мониторинга по Республике Башкортостан филиала «Приволжский региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология» О. В. Садыковой за помощь в сборе и обследовании провалов. Исследование выполнено в рамках Государственной бюджетной темы ИГ УФИЦ РАН FMRS-2025–0013.

Original article

INTERACTIVE MAP OF LAND SURFACE SINKHOLES IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

A. I. Smirnov[1], P. E. Chelpanov[2]

1 — Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia, smalil@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-3129-6142

2 — UfaStroyIzyskaniya LLC, Ufa, Russia

Interactive map is an electronic map interfaced with a database of objects contained in it. It allows the user to obtain the spatial position of the selected object and its characteristics in real time. Sinkhole is a sudden formation of a negative landform with steep or overhanging sides. Sinkholes have a negative impact on the stability of existing socio-economic objects and the moral and psychological state of people. By genesis they can be natural (due to natural causes) and technogenic (caused by anthropogenic impact on the state of the subsoil). The formation of natural sinkholes is associated with the development of the karst process in the area under consideration, technogenic ones are caused by accidents in underground water supply and sewerage systems. According to the formation mechanism, the first ones are represented by karst-gravity sinkholes, the second ones — by technogenic gravitaty and technogenic suffosion sinkholes. Karst-gravity sinkholes are formed as a result of the collapse of karst cavity vaults, technogenic gravity sinkholes are formed as a result of the collapse of vaults of tunnel-like gravity water-bearing communications, and technogenic suffosion sinkholes caused by water main breaks. According to the current normative documents on design and construction of buildings and structures, failure of formation (cases per year) is one of the main indicators of karst hazard of any karst territory. The created and replenished interactive map of karst sinkholes is intended for operative obtaining of data on them during engineering-geological surveys for built-up areas, selection of karst protection measures and making management decisions during planning of newly developed areas. The interactive map was created for the first time on the basis of the database of sinkholes with fixed time of formation on the platform of the website of UfaStroyIzyskaniya LLC.

Keywords: program-independent electronic map, sulfate karst, carbonate karst, karst-gravity sinkhole, technogenic gravity sinkhole, technogenic suffosion sinkhole

Acknowledgements: the authors express their gratitude to the leading specialist of the monitoring department for the Republic of Bashkortostan of the branch “Volga Regional Center of the State Monitoring System of the Subsoil” of the Federal State Budgetary Institution “Gidrospetsgeologiya” O. V. Sadykova for the help in collecting and surveying the sinkholes. The study was carried out within the framework of the State Budgetary Theme of IG UFRC RAS FMRS-2025–0013.

Введение

Интерактивная карта — электронная карта, сопряженная с базой данных содержащихся в ней объектов. Она позволяет пользователю получать пространственное положение выбранного объекта и его характеристику в режиме реального времени (онлайн). Различают интерактивные программно-зависимые и программно-независимые карты. Первые — создаются в специальных программах (ArcGIS, ГИС MapInfo Professional, ActiveMap GS, ГИС «ИнГЕО» и др.), которые должны быть установлены на персональном компьютере пользователя, вторые — не требуют использования специального программного обеспечения и базируются на удаленных серверах (Google Maps, Яндекс-Карты, ДубльГИС и др.), свободный доступ к которым осуществляется через сеть интернет.

В настоящее время интерактивные карты широко используются как в практических, так и в научных целях. Так, пользователям интернета хорошо знакома электронная карта «Дубль ГИС» с инфраструктурой местности, а в целом, интерактивные карты в настоящее время широко применяются в сфере образования, недвижимости, транспорта, недропользования, особо охраняемых природных территорий, туризма и других областях жизнедеятельности человека. Непосредственно по теме исследований следует отметить интерактивную карту проявлений опасных геологических процессов (ОГП) на территории Российской Федерации (РФ) (https://egpmapold.geomonitoring.ru/), которая в настоящее время на платформе сайта Управления государственного мониторинга состояния недр ФГБУ «Гидросецгеология» находится на активной стадии формирования.

Карстовый процесс относится к ОГП и развивается при взаимодействии двух природных сред — горная порода и вода. Он обусловлен деятельностью обладающих растворяющей способностью, циркулирующих в легкорастворимых горных породах природных и техногенных вод, результатом которой является возникновение подземных и поверхностных карстовых форм. То есть, карст — это совокупность процесса и вызванных им явлений, что признается всеми исследователями карстового процесса. В рассматриваемом регионе он в основном скрыт от непосредственного изучения и очень часто об активности его развития судят по частоте возникновения новых поверхностных карстопроявлений. Из них, одним из конечных результатов развития карста являются карстовые провалы, образование которых вбирает в себя почти все факторы его развития. Они оказывают наибольшее отрицательное воздействие на социально-экономические объекты, а также морально-психологическое состояние людей поскольку возникают внезапно [Смирнов, 2020а]. В настоящее время образование провалов достаточно уверено прогнозируется в пространстве, но возникновение их во времени сегодня пока мало предсказуемо.

Согласно ведомственным и территориальным строительным нормам [ВСН 2–86, ТСН 302-50-96], а также строительным правилам [СП 115.13330.2016] частота образования провалов земной поверхности (случаев в год) является одним из основных показателей карстовой опасности любой закарстованной территории. В связи с этим создание интерактивной карты карстовых провалов имеет важное значение для оценки активности развития карста и принятия управленческих решений при вовлечении в хозяйственное освоение новых территорий.

Интерактивная карта карстовых провалов земной поверхности с фиксированным временем образования создана для рассматриваемой территории впервые.

Материалы и методы составления карты

Исходными данными для составления карты провалов с фиксированным временем образования послужили сведения из архивных, фондовых и литературных источников, а также данные обследования провалов авторами и сотрудниками отделения мониторинга по Республике Башкортостан (РБ) филиала «Приволжский региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология» (рук. О.В. Садыкова), между которыми осуществляется постоянный обмен информацией о новых провалах. Основанием для обследования новых провалов являются сведения о них, поступающие из Центра управления в кризисных ситуациях МЧС России по РБ, средств массовой информации или непосредственно по обращению граждан.

На основе собранного материала в 2019 г. на стандартной платформе Microsoft Access создана база данных карстовых провалов с фиксированным временем образования [Смирнов, 2020б]. Она дополнена авторами сведениями о карстовых и техногенных провалах, возникших на территории РБ в последние 5 лет.

На основе общедоступных сервисов «Google Карты» и «Google Планета Земля» по географическим координатам было произведено геопозиционирование провалов из базы данных с внедрением на карту атрибутивных (семантических) сведений о них в виде краткого описания.

С картой в свободном доступе можно ознакомиться по адресам:

https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1jsHre5PvufMIW2C5GChveBJIwL1dndg&ll=54.72022448341696%2C56.00049700270479&z=13 (01.09.2025);

https://usiz.ru/karta-karstovyx-provalov/ (ООО «УфаСтройИзыскания») (01.09.2025).

Сведения о провалах на карте можно просматривать в двух режимах — terrain (местность) и satellite (спутник). Масштаб просмотра задается пользователем с возможностью его увеличения до 1:50. Для просмотра сведений о конкретном провале необходимо кликнуть по значку провала на карте либо выбрать интересующий провал из списка на левой боковой панели, либо найти его через стандартную систему поиска.

Термины и определения

Интерактивная карта — электронная карта, сопряженная с базой данных содержащихся в ней объектов, информация о которых представляется пользователю посредством двустороннего (диалогового) его взаимодействия с программным обеспечением через атрибутивные данные отраженного на ней объекта.

Провал (геоморфологический) — внезапное появление на земной поверхности отрицательной формы рельефа с отвесными, ступенчатыми или нависающими бортами.

Типы карста, встречающиеся в атрибутивных данных на карте:

— открытый (голый) карст, развивающийся в условиях выхода на поверхность карстующихся пород;

— прикрытый карст, развивающийся под маломощным чехлом рыхлых элювиально-делювиальных плейстоценовых образований;

— покрытый карст, развивающийся под покровом плиоцен-голоценовых нелитифицированных отложений;

— перекрытый (камский) карст, развивающийся под аллювиальными плейстоценовыми отложениями в днищах долин рек;

— закрытый (русский) карст, развивающийся под скальными и полускальными раннепермскими породами уфимского яруса.

Результаты исследований

В РБ карст развит на 50% ее территории и почти 30% площади республики поражено поверхностными карстопроявлениями, около 40% городского и не менее 20% сельского населения проживает в районах развития карста. Около 340 населенных пунктов РБ находятся в районах возможного образования новых карстовых провалов, которые вызывают чрезвычайные ситуации различного характера от деформаций зданий и сооружений до полного их разрушения [Смирнов, 2004, 2020а]. Только в г. Уфе с 1963 по 2024 гг. зафиксировано не менее 40 случаев деформаций зданий (в том числе многоэтажных) и инженерных сооружений, обусловленных карстом [Епифанова, Смирнов, 2022, 2024; Смирнов, 2024].

Атрибутивные данные на интерактивной карте провалов земной поверхности РБ содержат следующие сведения:

— дата (время) образования;

— координаты (географические): широта, долгота (Пулково 42);

— местоположение: муниципальное образование, ближайший населенный пункт;

— геоморфологическое положение: элемент рельефа;

— абсолютная отметка, м (балтийская система высот);

— тип карста по составу карстующихся пород: сульфатный, карбонатный, кластокарст;

— тип карста по характеру перекрытости карстующихся пород некарстующимися: открытый, прикрытый и т. д.;

— геологический индекс карстующихся пород;

— геологический индекс покрывающих пород;

— краткая характеристика карстопроявления: морфология и морфометрия;

— площадь: м^2;

— объем: м^3;

— источник сведений: отчет, заключение, публикация и др.;

— примечания: обстоятельства, способствующие или предшествующие образованию провала, современное состояние провала и др.

По механизму образования все провалы подразделены на карстово-гравитационные, техногенные гравитационные и техногенные карстово-суффозионные. На карте они отражены в трёх самостоятельных слоях (рис. 1).

Образование карстово-гравитационных провалов обусловлено обрушением сводов карстовых полостей. Возникновение их наиболее характерно для сульфатного карста в равнинных частях Южного Предуралья (рис. 2, 3).

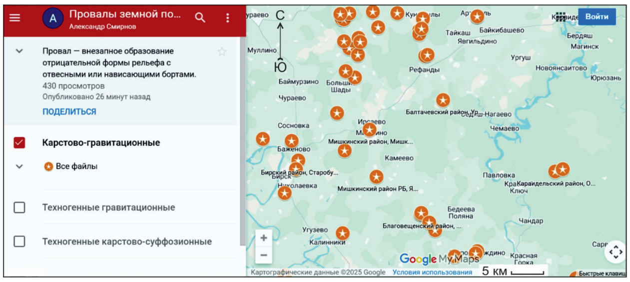

Рис. 1. Фрагмент карты с отображением слоя «Карстово-гравитационные провалы» на подложке Google Maps в режиме terrain

Fig. 1. Map fragment displaying the “Karst-gravity sinkholes” layer on the Google Maps background in terrain mode

Определяющим условием образования техногенных гравитационных провалов являются наличие антропогенных подземных полостей. Возникновение их связано с обрушением сводов туннелеобразных самотечных водонесущих коммуникаций (рис. 4). Основным фактором активности их образования является степень их изношенности. Вероятно, именно с этим связано увеличение числа образования техногенных гравитационных провалов в последние 10 лет, которые, например, в г. Уфе образуются почти ежегодно.

Главным условием образования техногенных карстово-суффозионных провалов является активизация развития карста и суффозионного процесса, вызванного авариями на водонесущих подземных системах и утечками из них. При этом определяющим процессом их возникновения является суффозия, в результате развития которой происходит механическое вмывание почти повсеместно распространённых (кроме крутых склонов) покровных элювиально-делювиальных суглинистых отложений в породы коренной основы (рис. 5).

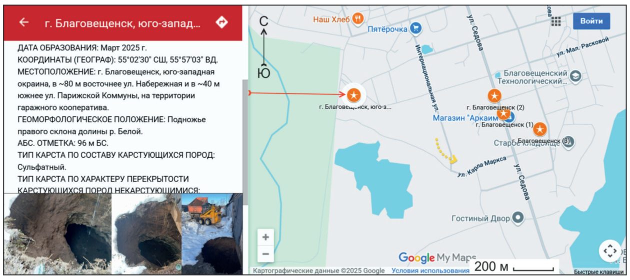

Рис. 2. Фрагмент карты с отображением карстово-гравитационного провала на подложке Google Maps в режиме terrain

Fig. 2. Map fragment showing a karst-gravity sinkhole on the Google Maps background in terrain mode

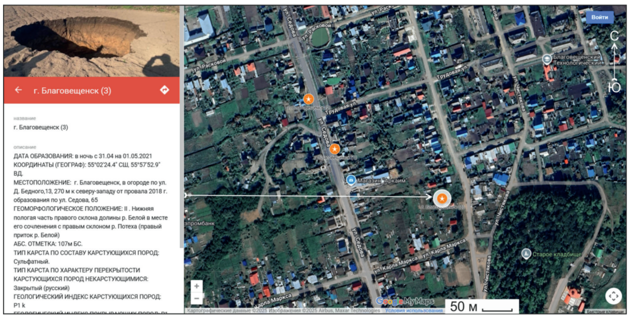

Рис. 3. Фрагмент карты с отображением карстово-гравитационного провала на подложке Google Maps в режиме satellite

Fig. 3. Map fragment showing a karst-gravity sinkhole on the Google Maps background in satellite mode

Обсуждение

На 01.09.2025 интерактивная карта провалов земной поверхности на территории РБ без учёта карстовых провалах на «Уфимском полуострове» (г. Уфа), которые отражены на карте В. Г. Камалова [Камалов, Барышников, 2019], содержит сведения о ~200 провалах с фиксированным временем образования.

В административном отношении с середины прошлого столетия наибольшее количество карстовых провалов зафиксировано в Благовещенском, Иглинском, Кармаскалинском, Балтачевском, Уфимском районах РБ (рис. 6), а в орографическом — в равнинных частях Южного Предуралья, где они обусловлены развитием преимуществен-

Рис. 4. Фрагмент карты с отображением техногенного гравитационного паровала на подложке Google Maps в режиме terrain

Fig. 4. Map fragment showing technogenic gravity sinkhole on the Google Maps background in terrain mode

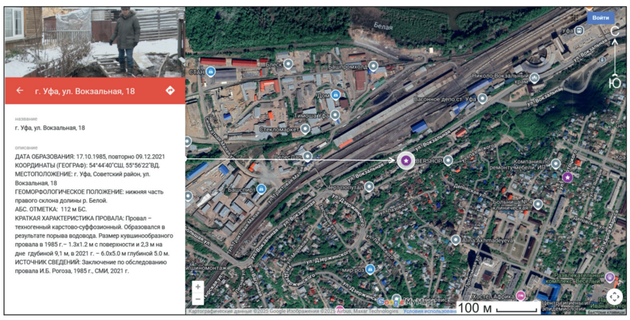

Рис. 5. Фрагмент карты с отображением техногенного карстово-суффозионного провала на подложке Google Maps в режиме satellite

Fig. 5. Map fragment showing the technogenic suffosion sinkhole on the Google Maps background in satellite mode

но сульфатного карста в нижнепермских гипсах кунгурского яруса.

В районах развития карбонатного карста карстово-гравитационные провалы за последние 100 лет возникали значительно реже, где установлено образование не более 20 карстовых провалов. Последний из них образовался 24.04.2024 в Бурзянском районе РБ, в 2.1 км юго-восточнее д. Гадельгареево, на территории заповедника Шульган-Таш в днище озера Ыгышма. Провал имел конусообразную форму поперечником 40 м и глубиной 15 м. В результате его образования вода из озера исчезла. По данным директора заповедника «Шульган-Таш» М. Н. Косарева и научного сотрудника заповедника О. Я. Червяцовой, вода из озера Ыгышма периодически исчезала в 1921,

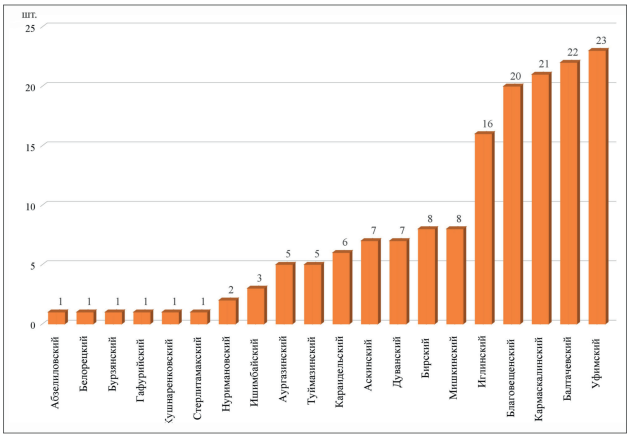

Рис. 6. Распределение карстовых провалов по административным районам РБ

Fig. 6. Distribution of karst sinkholes by administrative districts of the Republic of Bashkortostan

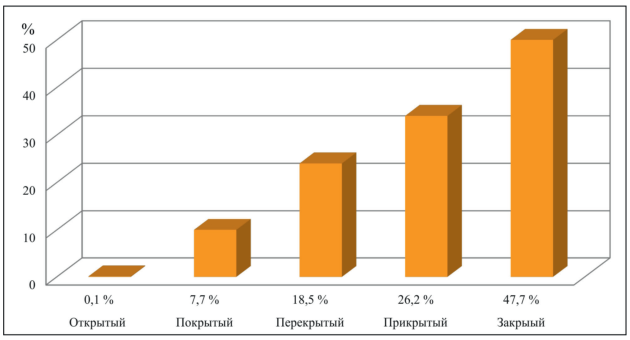

Рис. 7. Распределение карстовых провалов по характеру перекрытия карстующихся пород некарстующимися

Fig. 7. Distribution of karst sinkholes according to the character of overlapping of karstifiable rocks with non-karstifiable rocks

1975, 2021 и 2022 гг., которые характеризовались наименьшей водообильностью и минимальными уровнями карстовых вод за последние 100 лет.

Из нетрадиционных типов карста по составу карстующихся пород следует отметить провалы в Дуванском районе РБ, связанные с развитием кластокарста в терригенных отложениях кошелевской свиты иренского горизонта кунгурского яруса нижнего отдела пермской системы. Самый крупный кластокарстовый провал, отраженный на интерактивной карте, образовался в апреле 1988 г. в 2.3 км юго-западнее с. Улькунды (в 6 км юго-восточнее с. Дуван). Первоначально, глубина провала составляла 22 м при входном поперечнике 5 м, который на дне увеличивался до 10 м. К октябрю 1988 г. глубина провала достигла 32 м (!), а через 33 года на его месте, в результате обрушения бортов, сформировалась округлая конусообразная воронка диаметром 26 м и глубиной 13 м [Смирнов, 2023].

Наиболее часто карстовые провалы на территории РБ образовывались в условиях закрытого (русского) типа карста, где гипсы кунгурского яруса бронируются скальными и полускальными отложениями уфимского яруса с трещинной водопроницаемостью (рис. 7). При этом, для закрытого карста характерны и самые крупные по размерам карстовые провалы региона [Смирнов, 2020б].

Значительно реже карстовые провалы возникали в районах развития прикрытого и перекрытого карста, где карстующиеся породы залегают соответственно под элювиально-делювиальными и аллювиальными образованиями, водопроницаемыми по порам. Наименьшее количество образования карстовых провалов свойственно для покрытого карста, где карстующиеся породы залегают под суглинисто-глинистыми неоген-четвертичными слабоводопроницаемыми отложениями, а для голого карста провалы вообще не характерны.

Заключение

На интерактивной карте провалов земной поверхности, несомненно, отражены не все современные провалы, возникшие на территории РБ. На ней показаны только провалы, по которым удалось собрать достоверные сведения о их точном местоположении и дате (времени) образования. В пределах селитебных зон провалы земной поверхности почти никогда не остаются незамеченными населением, которое информирует об их образовании местные власти. При значительном удалении от населенных пунктов фиксируются только очень крупные провалы.

Созданная интерактивная карта провалов земной поверхности предназначена для оперативного получения данных о них при инженерно-геологических изысканиях под застраиваемые участки, выбора мер противокарстовой защиты и принятия управленческих решений при планировании вновь осваеваемых в хозяйственном отношении территорий. Она позволит минимизировать временные затраты на первичный анализ данных инженерно-геологических условий под проектируемые здания и инженерные сооружения.

В дальнейшем интерактивную карту провалов земной поверхности, после уточнений и дополнений согласно структуре ее атрибутивных данных, планируется пополнить провалами по территории г. Уфы на основе базы данных провалов В. Г. Камалова [Камалов, Барышников, 2019]. Кроме того, на ней планируется отобразить основные таксономические единицы районирования карста территории РБ.

Список литературы

Епифанова Д. Р., Смирнов А. И. Современная активность карстовых и техногенных провалов на территории Уфимского «полуострова» // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. Сборник статей всероссийской молодёжной конференции, Уфа. М.: Изд-во «Перо», 2022. С. 224–229 [Электронное издание]. http://ig.ufaras.ru/x-vserossiyskaya-molodezhnaya-konferentsiya/

Епифанова Д. Р., Смирнов А. И. Обзор исследований карста на «Уфимском полуострове» // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. Материалы 15-й Межрегиональной научно-практической конференции, Уфа, 14–17 мая 2024 г. М.: Изд-во «Перо». С. 86–90.

ВСН 2–86 (Ведомственные строительные нормы). Инструкция по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий на закарстованных территориях Башкирской АССР / Госстрой БАССР. Уфа, 1986. 48 с.

Камалов В. Г., Барышников В. И. Опасные геологические процессы на территории Уфимского «полуострова» (Инженерная геодинамика). Уфа: Информреклама, 2019. 216 с.

Смирнов А. И. Оценка поверхностной закарстованности территории Республики Башкортостан // Гидрогеология и карстоведение. Вып. 14. Пермь: Изд-во Пермского государственного национального исследовательского университета, 2004. С. 217–222.

Смирнов А. И. Чрезвычайные ситуации, вызванные карстом на Южном Урале и в Предуралье // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2020а. Т. 37. №4 (100). С. 29–39. DOI: 10.24411/1728-5283-2020-10404

Смирнов А. И. Современные карстовые провалы на территории Южного Урала и Предуралья (в границах Республики Башкортостан) // Инженерная геология. 2020б. Т. 15. №4. С. 42–53. DOI: 10.25296/1993-5056-2020-15-4-42-53

Смирнов А. И. Нетрадиционные типы карста Южного Урала и Предуралья // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2023. №3. С. 26–36. DOI: 10.31857/S0869780923030104

Смирнов А. И. Аномально крупные карстовые провалы на Южном Урале и в Предуралье 2023 года образования // Сергеевские чтения. Вып. 25. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (28–29 марта 2024 г., Дербент — Москва). М.: Изд-во «Геоинфо», 2024. С. 90–94.

СП 115.13330.2016 (Свод правил). Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95. М.: Стандартинформ. Издание официальное, 2018. 31 с.

ТСН 302-50-96 (Территориальные строительные нормы) «Инструкция по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях». Уфа: Госстрой РБ, 1996. 40 с.

References

Epifanova D. R., Smirnov A. I. (2022) Current activity of karst and man-made sinkholes on the territory of the Ufa “peninsula”. Geology, Geoecology, and Resource Potential of the Urals and Adjacent Territories. Collection of Articles from the All-Russian Youth Conference, Ufa. Moscow: Pero Publ. 224–229 [Electronic Edition]. http://ig.ufaras.ru/x-vserossiyskaya-molodezhnaya-konferentsiya/ (In Russian).

Epifanova D. R., Smirnov A. I. (2024) Review of Karst Research on the “Ufa Peninsula”. Geology, minerals and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Proceedings of the 15th Interregional Scientific and Practical Conference, Ufa, May 14–17, 2024. Moscow: Pero Publishing House. 86–90. (In Russian).

VSN 2–86 Departmental building codes (1986) Instructions for surveys, design, construction, and operation of buildings in the karstified territories of the Bashkir Autonomous Soviet Socialist Republic./Gosstroy of the Bashkir Autonomous Soviet Socialist Republic. Ufa, 48 p. (In Russian).

Kamalov V. G., Baryshnikov V. I. (2019) Dangerous geological processes on the territory of the Ufa “peninsula” (Engineering geodynamics). Ufa: Informreklama Publ. 216 p.

Smirnov A. I. (2004) Assessment of surface karstification of the territory of the Republic of Bashkortostan. Hydrogeology and Karstology. Issue 14. Perm: Publishing House of Perm State National Research University, 2004. 217–222. (In Russian).

Smirnov A. I. (2020a) Emergencies caused by karst in the Southern Urals and the Cis-Urals // Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan. 37. No. 4 (100), 29–39. (In Russian). DOI: 10.24411/1728-5283-2020-10404

Smirnov A. I. (2020b) Modern karst sinkholes in the territory of the Southern Urals and the Cis-Urals (within the borders of the Republic of Bashkortostan) // Engineering Geology. 15. No. 4, 42–53. (In Russian). DOI: 10.25296/1993-5056-2020-15-4-42-53

Smirnov A. I. (2023) Unconventional types of karsts of the Southern Urals and the Cis-Urals // Geoecology. Engineering Geology, Hydrogeology, Geocryology. No. 3, 26–36. (In Russian). DOI: 10.31857/S0869780923030104

Smirnov A. I. (2024) Abnormally large karst sinkholes in the Southern Urals and the Cis-Urals, formed in 2023. Sergeyev Readings. Issue 25. Proceedings of the annual session of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on the problems of geoecology, engineering geology and hydrogeology (March 28–29, 2024, Derbent — Moscow). Moscow: Geoinfo Publishing House, 2024. 90–94. (In Russian).

SP 115.13330.2016 Set of Rules (2018). Geophysics of Dangerous Natural Effects. Updated Edition of SNiP 22-01-95. Moscow: Standartinform. Official Edition, 31 p. (In Russian).

TSN 302-50-96 Territorial Construction Norms (1996) “Instructions for Surveying, Designing, Constructing, and Operating Buildings and Structures in Karst Areas.” Ufa, Gosstroy of the Republic of Bashkortostan, 40 p. (In Russian).

Сведения об авторах:

Смирнов Александр Ильич, канд. геол.-минерал. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа, Россия, smalil@mail.ru

Челпанов Павел Евгеньевич, Общество с органической ответственностью «УфаСтройИзыскания», г. Уфа., Россия, ooo-usiz@mail.ru

About the authors:

Smirnov Alexander Ilyich, Candidate of Science (Geol. and Mineral.), Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa, Russia, smalil@mail.ru

Chelpanov Pavel Evgenievich, UfaStroyIzyskania LLC, Ufa, Russia, ooo-usiz@mail.ru

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
The authors contributed equally to this article.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 07.08.2025; одобрена после рецензирования 05.09.2025; принята к публикации 15.10.2025

The article was submitted 07.08.2025; approved after reviewing 05.09.2025; accepted for publication 15.10.2025