

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ И ГРУНТОВЕДЕНИЕ

УДК 551.3

Проявления опасных геологических и техногенных процессов на урбанизированных закарстованных территориях Пермского края в 2023 г

П.А. Красильников^а, А.В. Татаркин^а, О.Д. Аброськин^а, С.Г. Ашихмин^б
Г.М. Батракова^б

^а Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: geolnauka@gmail.com

^б Пермский национальный исследовательский политехнический университет
614990, Пермь, Комсомольский пр., 29

(Статья поступила в редакцию 2 февраля 2024 г.)

Экзогенные геологические процессы (ЭГП) на территории Пермского края имеют широкое развитие. В этом перечне карст занимает особое положение, так как данный процесс имеет широкое распространение и, кроме того, может служить катализатором сопутствующих опасных геологических процессов. В связи с этим под руководством Министерства природных ресурсов Пермского края выполняется работа по оценке проявлений опасных геологических процессов в пределах урбанизированных закарстованных территорий региона. Целевой задачей исследования является комплекс полевых и камеральных работ, позволяющий оценить последствия опасных геологических процессов на закарстованных территориях Пермского края для принятия соответствующих управленческих решений по минимизации негативного воздействия на объекты инфраструктуры и обеспечения безопасности населения в дальнейшем. Результаты этой работы за 2023 г. представлены в статье.

Ключевые слова: *опасные геологические процессы, провалы, карст, мониторинг геологических рисков, Пермский край.*

DOI: 10.17072/psu.geol.23.1.32

Введение

Экзогенные геологические процессы (ЭГП) на территории Пермского края имеют широкое развитие. Существует много классификаций геодинамических, геологических процессов и физико-геологических явлений, интересующих инженерную геологию. На основе наиболее распространенных классификаций – Ф.П. Саваренского (1937) и Е.М. Сергеева (1978) – и учитывая специфику региона можно выделить природные ЭГП, имеющие наибольшее распространение: ЭГП климатического и ветрового характера (выветривание, эоловые процессы); ЭГП геоморфологического (гравитационного) характера (осыпи, обвалы, курумы, оползни, солифлюкция,

лавины); ЭГП, связанные с действием преимущественно подземных вод (карст, суффозия, заболачивание); ЭГП, связанные с эродирующим действием поверхностных вод (речная, склоновая и овражная эрозия); ЭГП побережий камских водохранилищ (переработка берегов).

В перечне карст занимает особое положение, так как данный процесс имеет широкое распространение и, кроме того, может служить катализатором сопутствующих опасных геологических процессов.

В связи с этим Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края с 2016 г., привлекая подрядные организации, осуществляет мониторинг проявлений опасных геологических

процессов с выдачей рекомендаций по принятию необходимых мер для минимизации негативного воздействия на объекты инфраструктуры и обеспечения безопасности жизни и здоровья населения. Основными оценочными параметрами являются: фиксация провалов, трещин, просадок, обрушений и прочих форм, возникших в результате проявлений опасных геологических и техногенных процессов, с выявлением источников и причин активизации опасных геологических процессов.

Методика работ: проводилось визуальное обследование форм проявлений опасных геологических и техногенных процессов. Осуществлялась фотофиксация проявлений опасных процессов с использованием современных цифровых фотоаппаратов. Пространственная привязка мест проявления опасных процессов осуществлялась с использованием GPS-приемников. Фиксация морфометрических характеристик объектов осуществлялась с помощью измерительной рулонной ленты и лазерного дальномера. На местах проявления опасных процессов проводился опрос сотрудников музея, сбор и анализ информации предшественников, опубликованной в открытой печати и находящейся в геологических фондах. По результатам комплексного анализа информации составлялись акты обследования с рекомендациями по ликвидации проявлений опасных процессов.

Сбор и систематизация зафиксированных проявлений опасных геологических процессов осуществлялись как в табличных редакторах (Microsoft Excel, облачные сервисы), так и с использованием современных ГИС-технологий. По результатам пространственной привязки зафиксированных проявлений опасных геологических процессов (ОГП) созданная ранее база геоданных в формате *.mdb дополнялась новыми объектами. Кроме того, пространственное положение зафиксированных провалов также сохранялось в kmz-формате для использования в современных картографических онлайн сервисах.

Исследованием карстоопасности в пределах Пермского края занимались многие авторы (Катаев и др., 2009; Ковалева, 2016; Максимович и др., 2021).

Основоположником отечественного карстоведения, создателем Пермской школы

гидрогеологов и карстоведов, имеющей высокий международный рейтинг, является Георгий Алексеевич Максимович. Согласно ему, «карст – это процесс химического и отчасти механического воздействия подземных и поверхностных внеурусловых вод на растворимые, проницаемые горные породы (карбонаты, гипс, ангидрит, соли и т.д.) (Максимович, 1963). В результате возникают поверхностные и подземные скульптурные, а при выпадении из раствора, обрушении – аккумулятивные формы». Это собственно геохимический процесс взаимодействия относительно хорошо растворимых пород с природными водами, проявляющийся, как и другие экзогенные процессы, в разрушении горных пород, главным образом в растворении (в меньшей степени – эрозии, выветривании) и переносе продуктов разрушения (в растворенном состоянии, а также механическим путем) и отложении осадков как хемогенных, так и обломочных.

Районирование карста Урала (включая Пермский край) впервые проведено Г.А. Максимовичем и К.А. Горбуновой (1958), далее оно дополнялось этими же авторами и другими исследователями.

Следует отметить, что в данной работе приводятся не все проявления опасных геологических процессов, возникших в 2023 г., а только те, которые расположены в пределах урбанизированных и закарстованных территорий. Карта распространения карстующихся пород в пределах Пермского края представлена на рис. 1.

Зафиксированные проявления опасных геологических процессов Пермского края, возникшие в 2023 г.

В течение 2023 г. на урбанизированных закарстованных территориях Пермского края был зарегистрирован и описан 21 провал грунта, проведено обследование одной реки и одной карстовой территории. Иллюстрация мест проявления опасных геологических процессов представлена на рис. 2.

Провалы грунта:

- карстовый провал в д. Моховое, Зарубинское с.п., Кунгурский муниципальный округ;

- карстовый провал на окраине пгт. Скальный, Чусовской городской округ;
- карстовый провал в пос. Шадейка, ул. Заречная, 6, Кунгурский муниципальный округ;

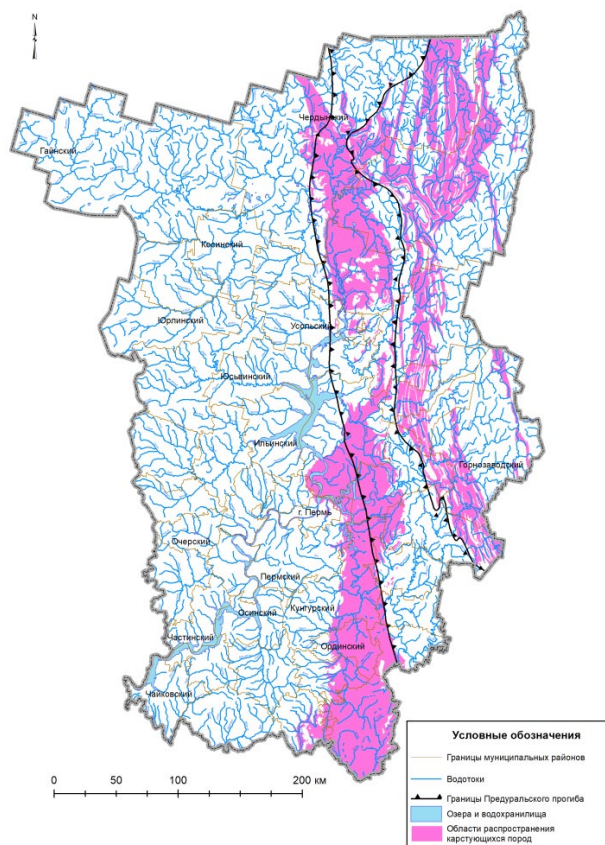


Рис. 1. Карта распространения карстуемых пород в пределах Пермского края

- карстовый провал в с. Усть-Кишерть, ул. Колхозная, 3, Кишертский муниципальный округ;
- карстовый провал в г. Кунгур, ул. Газеты Искра, 31, Кунгурский муниципальный округ;
- карстовый провал в д. Липово, ул. Центральная, 23, Кунгурский муниципальный округ;
- карстовый провал в г. Кунгур, ул. Ленина, 56, Кунгурский муниципальный округ;
- карстовый провал в г. Кунгур, ул. Космонавтов, 7а, Кунгурский муниципальный округ;
- карстовый провал в г. Кунгур, ул. Степана Разина, 23, Кунгурский муниципальный округ;
- карстовый провал в г. Кунгур, ул. Степана Разина, 216, к. 1, Кунгурский муниципальный округ;

- карстовый провал с. Ленск, ул. Калинина, 14, Кунгурский муниципальный округ;
- карстовый провал г. Кунгур, ул. Нефтяников, 37, Кунгурский муниципальный округ;
- карстовый провал г. Кунгур, ул. Российская, 35 (торец жилого дома), Кунгурский муниципальный округ;
- карстовый провал г. Кунгур, ул. Российская, 35 (фасад жилого дома), Кунгурский муниципальный округ;
- карстовый провал с. Усть-Кишерть, ул. Логовая, д. 1, Кишертский муниципальный округ;
- карстовый провал г. Кунгур, ул. Бочкарева, между домами № 111 и 113, Кунгурский муниципальный округ;
- техногенный провал в г. Кунгур, ул. Гоголя, 3, Кунгурский муниципальный округ;
- карстово-суффозионный провал в г. Кунгур, ул. Голованова, 83, Кунгурский муниципальный округ;
- карстовый провал в г. Кунгур, ул. Советская, 14, Кунгурский муниципальный округ;
- карстовый провал в д. Балаши, ул. Балаши, 38, Суксунского городского округа;
- карстово-суффозионный провал в г. Кунгур, пересечение ул. Советская и ул. Гоголя, Кунгурский муниципальный округ.

Обследование реки в связи с обмелением:

- р. Ясыл в с. Красный Ясыл Ординского муниципального округа.

•

Обследование карстовой территории:

- Территория архитектурно-этнографического музея «Хохловка», Пермский район, Хохловское с.п., д. Гора (Красильникова и др., 2023).

Если анализировать количество происшествий в разрезе муниципальных и городских округов Пермского края, то больше всего событий приурочено к г. Кунгуру и Кунгурскому муниципальному округу – 17 происшествий. На территории Кишертского муниципального округа – 2 происшествия, на территории Чусовского городского округа зафиксировано 1 происшествие, на территории

Суксунского городского округа – 1 событие, на территории Ординского муниципального округа зафиксировано 1 событие, на

территории Пермского района 1 проявление опасных геологических процессов (табл.).

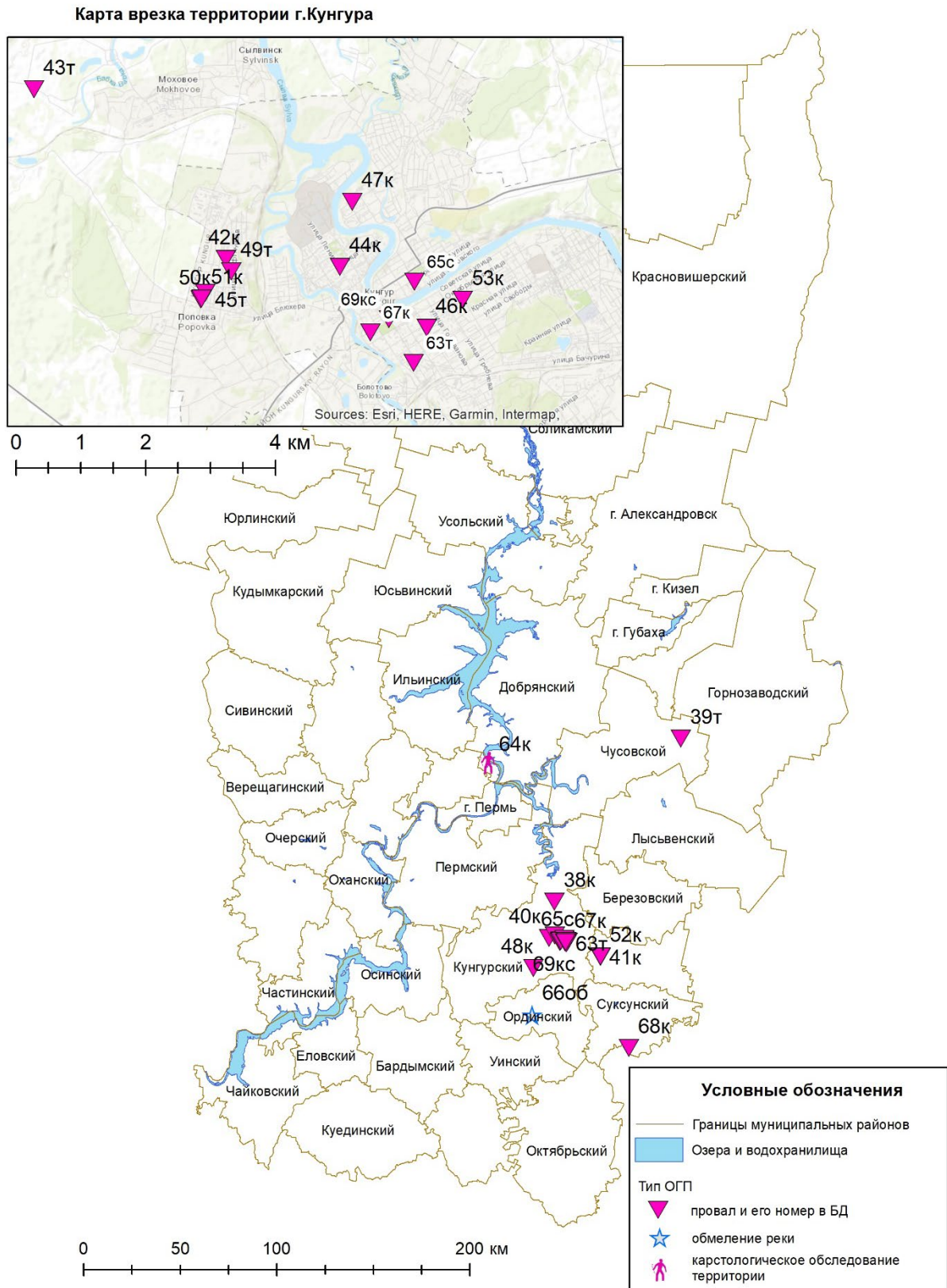


Рис. 2. Карта проявлений опасных геологических процессов произошедших в 2023 г.

Таблица. Зафиксированные ОГП на территории Пермского края в 2023 г.

№ акта	№ в БД	Описание	Вид ОГП	Дата образования	Информация о ликвидационных мероприятиях
Территория Кунгурского муниципального округа					
38	38к	д. Моховое, Зарубинское с.п.	провал	весна 2022	Не проведены
40	40к	пос. Шадейка, ул. Заречная, 6	провал	08.04.2023	Не проведены
42	42к	г. Кунгур, ул. Газеты Искра, 31	провал	22.04.2023	Не проведены
43	43т	д. Липово, ул. Центральная, 23	провал	23.04.2023	Не проведены
44	44к	г. Кунгур, ул. Ленина, 56	провал	21.04.2023	Проведены
45	45т	г. Кунгур, ул. Космонавтов, 7а	провал	03.05.2023	Не проведены
46	46к	г. Кунгур, ул. Степана Разина, 23	провал	04.05.2023	Проведены
47	47к	г. Кунгур, ул. Степана Разина, 216,к.1	провал	05.05.2023	Не проведены
48	48к	с. Ленск, ул. Калинина, 14	провал	16.05.2023	Проведены
49	49т	г. Кунгур, ул. Нефтяников, 37	провал	26.05.2023	Не проведены
50	50к	г. Кунгур, ул. Российская, 35 (торец)	провал	24.05.2023	Не проведены
51	51к	г. Кунгур, ул. Российская, 35 (фасад)	провал	24.05.2023	Не проведены
53	53к	г. Кунгур, ул. Бочкарева, между домами № 111 и 113	провал	28.05.2023	Не проведены
63	63т	г. Кунгур, ул. Гоголя, 3	провал	июнь 2023	Не проведены
65	65кс	г. Кунгур, ул. Голованова, 83	провал	06.09.2023	Проведены
67	67к	г. Кунгур, ул. Советская, 14	провал	13.09.2023	Не проведены
69	69кс	г. Кунгур, пересечение ул. Советская и ул. Гоголя	провал	08.11.2023	Не проведены
Территория Кишертского муниципального округа					
41	41т	с. Усть-Кишерть, ул. Колхозная, 3	провал	05.04.2023	Проведены
52	52к	с. Усть-Кишерть, ул. Логовая, 1	провал	30.05.2023	Не проведены
Территория Чусовского городского округа					
39	39т	на окраине пгт. Скальный	провал	05.04.2023	Не проведены
Территория Суксунского городского округа					
68	68к	д. Балаши, ул. Балаши, 38	провал	03.11.2023	Не проведены
Территория Ординского муниципального округа					
66	66об	с. Красный Ясыл	обмеление реки	сентябрь 2023	Не требуются
Территория Пермского района					
64	64к	Территория музея «Хохловка», Пермский район, Хохловское с.п., д. Гора	карстологическое обследование	22.08.2023	Не требуются

Систематизация и накопление полученных результатов

Авторы работы считают, что важным этапом исследования является структурирование и накопление полученных результатов в удобном для дальнейшего анализа виде. Это позволит накопить достаточно большой массив данных в разрезе десятилетий и, вероятно, установить новые временные и пространственные закономерности возникновения опасных геологических процессов.

Поэтому все зафиксированные проявления опасных геологических процессов систематизировались как в табличных редакторах

(Microsoft Excel, онлайн-таблицы, облачные сервисы), так и с использованием современных ГИС-технологий. По результатам пространственной привязки зафиксированных проявлений ОГП создается и ведется база геоданных в формате *.mdb, с названием «ОГП_Пермского_края», информация из которой визуализируется средствами ArcGis 10.8 «Зафиксированные проявления ОГП.mxd».

Эта база данных содержит информацию об областях распространения карстующихся пород, топографическую основу и места проявления опасных геологических процессов. Каждый тематический слой содержит

необходимую и достаточную атрибутивную информацию. Для классификации зафиксированных объектов, помимо номера проявления, добавляется буквенный индекс, характеризующий тип опасного геологического процесса: так, буквы «к» обозначают карстовый генезис, «с» – суффозионные процессы, «т» – техногенное происхождение. Кроме того, в этом тематическом слое содержится информация о местоположении акта проведенного обследования, что позволяет в режиме гиперссылки при работе с картографическим материалом нажатием одной клавиши получить соответствующий этому событию акт обследования (рис. 3).

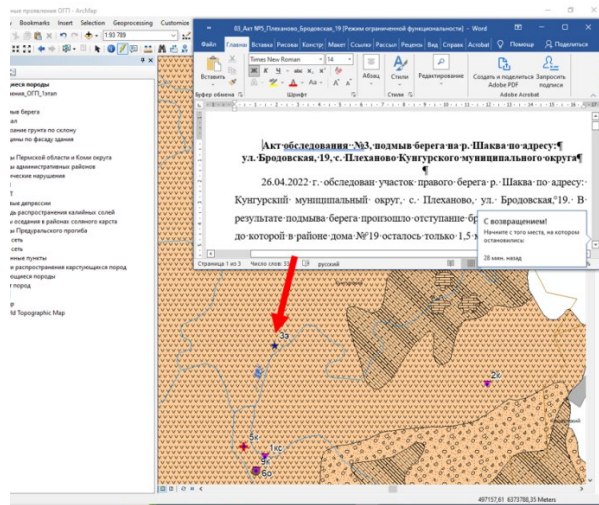


Рис. 3. ГИС-проект опасных геологических процессов с активной функцией «Гиперссылка» для доступа к соответствующему акту обследования

Помимо локальных тематических слоев, характеризующих геологические, карстологические особенности территории, использование ГИС-технологий позволяет в онлайн-режиме в качестве топографической основы подключать ресурсы web-сервисов. Так, для более точного позиционирования и анализа данных дистанционного зондирования земли активно использовались космоснимки и актуальные векторные карты (рис. 4).

Кроме того, пространственное положение возникших провалов сохраняется в *.kmz-формате для использования в современных картографических онлайн сервисах. Это позволит передать местоположение провалов всем заинтересованным лицам при отсутствии лицензионных программных продуктов (ГИС).

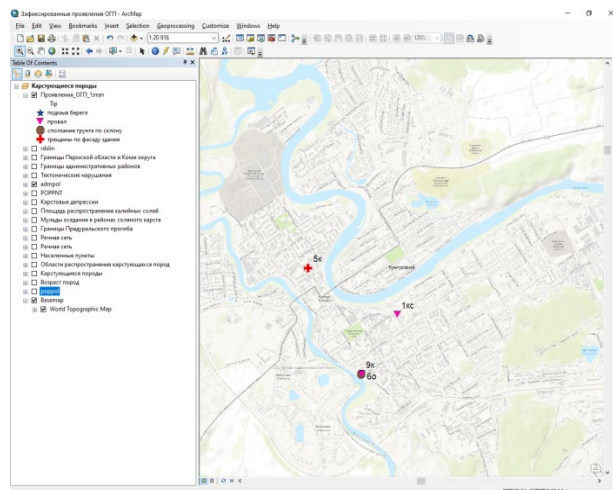


Рис. 4. Подключение в качестве подложки онлайн векторной карты в проект Arcgis

Местоположение провалов визуализировано на бесплатно распространяемой платформе Google Earth.

В ходе выполнения полевых работ осуществлялось визуальное обследование форм проявлений опасных геологических и техногенных процессов. Производилась фотофиксация проявлений опасных процессов с использованием современных цифровых фотоаппаратов. Пространственная привязка мест проявления опасных процессов осуществлялась с использованием GPS-приемников. Фиксация морфометрических характеристик объектов осуществлялась с помощью измерительной рулонной ленты и лазерного дальномера. На местах проявления опасных процессов проводился опрос местного населения, сбор и анализ информации предшественников, опубликованных в открытой печати и находящихся в геологических фондах. По результатам комплексного анализа информации составлялись акты обследования с рекомендациями по ликвидации проявлений опасных процессов. Осуществлялись запросы органам местного самоуправления для получения информации о принятых мерах по ликвидации возникших проявлений опасных геологических процессов.

Заключение

Опасные геологические процессы на территории Пермского края имеют широкое развитие.

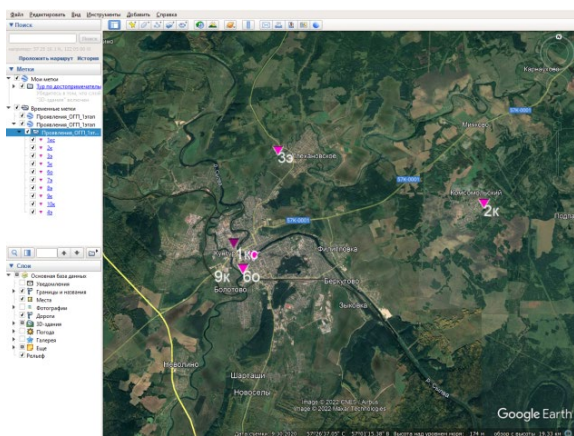


Рис. 5. Визуализация мест провала через kml-формат

В этом перечне карст занимает особое положение, так как этот процесс имеет широкое распространение и, кроме того, может служить катализатором сопутствующих опасных геологических процессов. Так, в 2023 г. на урбанизированных закарстованных территориях Пермского края был зарегистрирован и описан 21 провал грунта, из которых 20 имеют природный генезис и лишь 1 – техногенный характер.

В последнее время в связи с активным освоением новых территорий, строительством новых объектов, в том числе и федерального уровня, на территории Пермского края участились запросы на выполнение оценки карстоопасности территории, например таких объектов, как: Северный железнодорожный обход г.Перми, мост через р. Кама, строительство автомобильной дороги Северный обход г. Перми, мостовой переход через р. Чусовая, расширение территории предприятий «УРАЛХИМ», «УралКалий» и многих других.

Пермский государственный национальный исследовательский университет на протяжении многих лет ведет исследования карста, а также оценку его опасности; собран большой объем фактического материала, состоящий из результатов работ, в том числе и по Государственным контрактам, а также представленным в виде монографий: «Мониторинг закарстованных территорий Пермской области (2006–2010 гг.)»; «Оценка проявлений опасных геологических и техногенных процессов на урбанизированных закарстованных территориях Пермского края»; «Оценка карстоопасности урбанизированных закарстованных

территорий в пределах Пермского края»; «Сульфатный карст Пермского края».

Несмотря на большой накопленный материал, до сих пор не произведен комплексный анализ имеющихся данных, нет Карты карстоопасности территории Пермского края, которая могла бы быть доступна для строителей и изыскателей, работающих на территории нашего региона. Подобные карты составлены для многих территорий Российской Федерации, например Нижегородской области, г. Москвы и Московской области, Владимирской области и т.д. В территориальных строительных нормах ТСН 11-301-2004 «Инженерно-геологические изыскания для строительства на закарстованных территориях Пермской области» приведена лишь Карта (схема) карстующихся пород и карста Пермской области, которая имеет достаточно схематичный характер и не несет информации об опасности и интенсивности развития этого процесса.

Библиографический список

Дробинина Е.В., Золотарев Д.Р. Анализ инженерно-геологических условий и изменчивости состояния дисперсных отложений вблизи поверхностных карстовых форм в обстановках развития карбонатно-сульфатного карста // Геозкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 2022. № 2. С. 488–462.

Катаев В.Н., Лихая О.М., Ковалева Т.Г., Золотарев Д.Р., Щербаков С.В. Пространственное соотношение химического состава вод иренского водоносного горизонта и карстовых форм (на примере территории г. Кунгура) // Вестник Пермского университета. Геология. 2009. № 11. С. 66–76.

Ковалёва Т.Г. Оценка карстоопасности территории г. Кунгура на основе общегеологического подхода. // Вестник Пермского университета. Геология. 2016. № 4 (33). С. 18–25.

Копылов И.С. Геозкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края [Электронный ресурс]: монография. ПГНИУ. Электронные данные. Пермь, 2021. 501 с. 39,5 Мб

Красильникова С.А. И.В. Кустов, А.В. Коноплев, А.В. Татаркин, О.Д. Аброськин. Карстоопасность территории архитектурно-этнографического музея «Хохловка» // Вестник Пермского университета. Геология. Т. 22. № 4. С. 324–332.

Максимович Н.Г., Кадебская О.И., Мещерякова О.Ю. Уточнение границ районов сульфатного карста Пермского края // Вестник Пермского

университета. Геология. 2021. Т. 20. № 4. С. 320–325.

Худеньких К.О., Катаев В.Н. Карстовый морфогенез в приповерхностной зоне сульфатно-

карбонатного массива Соколино-Саркаевского месторождения гипса и ангидрита // Вестник Пермского университета. Геология. 2018. Т. 17. № 2. С. 171–176.

Manifestations of Hazardous Geological and Technogenic Processes in Urbanized Karst Territories of Perm Krai in 2023

**P.A. Krasilnikov^a, A.V. Tatarkin^a, O.D. Abroskin^a, S.G. Ashihmin^b
G.M. Batrakova^b**

^a Perm State University, 15 Bukireva Str., Perm 614990, Russia. E-mail: geolnauka@gmail.com

^b Perm National Research Polytechnic University, 29 Komsomolskiy Ave., Perm, 614990, Russia

Exogenous geological processes (EGP) on the territory of Perm Krai have a wide development. Karst occupies a special position in this list, as this process is widespread, and, in addition, can serve as a catalyst for associated hazardous geological processes. Therefore, under the guidance of the Ministry of Natural Resources of Perm Krai, the work on assessment of manifestations of dangerous geological processes within the urbanized karst territories of the region has been carried out. The aim of the study is a set of field and office works allowing assessing the consequences of hazardous geological processes in the karst territories of Perm Krai to make appropriate management decisions to minimize the negative impact on infrastructure and facilities, and ensure the safety of the population in the future. The results of this study for 2023 are presented in the article.

Key words: *dangerous geological processes; failure; karst; monitoring geological risks; Perm krai.*

References

Drobinina E.V., Zolotarev D.R. 2022. Analiz inzhenerno-geologicheskikh usloviy i izmenchivosti sostoyaniya dispersnykh otlozheniy vblizi poverkhnostnykh karstovykh form v obstanovkakh razvitiya karbonatno-sulfatnogo karsta [Analysis of the engineering geological conditions and alteration of dispersed sediments near surficial karst forms in the environment of carbonate-sulfate karst development]. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*, 2:488-62. (in Russian)

Kataev V.N. et al. 2009. Prostranstvennoe sootnoshenie khimicheskogo sostava vod irenskogo vodonosnogo gorizonta i karstovykh form (na primere territorii g. Kungura) [Spatial relationship of chemical composition of the Irenian aquiferous horizon with karst forms (example of the Kungur territory)]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*. 11:66-76. (in Russian)

Kovalyova T.G. 2016. Otsenka karstoopasnosti territorii g. Kungura na osnove obshchegeologicheskogo podkhoda [Karst Hazards Assessment Based on the General Geological Approach at the Territory of City of Kungur]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*. 4(33):18-25. (in Russian) doi: 10.17072/psu.geol.33.26

Kopylov I.S. 2021. Geoekologiya, gidrogeologiya i inzhenernaya geologiya Permskogo kraia [Geoecology, hydrogeology and engineering geology of Perm

krai]. Perm. Perm State Univ., p. 501. URL: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-geoekologiya-gidrogeologiya-i-inzhenernaya-geologiya-permskogo-kraia.pdf>

Krasilnikova S.A., Kustov I.V., Konoplev A.V., Tatarkin A.V., Abroskin O.D. 2023. Karstoopasnost territorii arkhitekturno-etnograficheskogo muzeya «Khokhlovka» [Karst Hazards at the Territory of Khokhlovka Architectural and Ethnographic Museum]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*. 22(4):324-332. (in Russian) doi: 10.17072/psu.geol.22.4.324

Maksimovich N.G., Kadebskaya O.I., Meshcheryakova O.Yu. 2021. Utochnenie granits rayonov sulfatnogo karsta Permskogo kraia [Refinement of the Boundaries of the Sulfate Karst Areas of the Perm Region]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*. 20(4):320-325. (in Russian) doi: 10.17072/psu.geol.20.4.320

Khudenskikh K.O., Kataev V.N. 2018. Karstovyy morfogenez v pripoverkhnostnoy zone sulfatno-karbonatnogo massiva Sokolino-Sarkayevskogo mestorozhdeniya gipsa i ангидрита [Karst Morphogenesis in the Near-Surface Zone of the Sulphate-Carbonate Massif of the Sokolino-Sarkayevskoe Gypsum and Anhydrite Field]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*. 17(2):171-176. (in Russian) doi: 10.17072/psu.geol.17.2.171