

КАРТА СУЛЬФАТНОГО КАРСТА ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ (СОДЕРЖАНИЕ, ПРИНЦИПЫ И МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ)

DOI: 10.25296/1993-5056-2018-13-1-2-86-94

УДК 551.435.8 (470.57)

**СМИРНОВ А.И.**

Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан, Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, г. Уфа, Россия, smirnov.ai@bashkortostan.ru, smalil@mail.ru

Аннотация

Карстовые явления Южного Предуралья известны еще со времен первых Академических экспедиций Императорской академии наук и художеств (вторая половина XVIII века). Многолетними исследованиями здесь установлено наличие сульфатного, карбонатного и сульфатно-карбонатного карста, а также карста известковых туфов и кластокарста. Определены основные закономерности развития этих типов карста, охарактеризованы формы карстопроявлений и характер их распространения. Установлено, что из всех типов карста самым распространенным и опасным является сульфатный карст, который развит в основном в Предуралье, в наиболее освоенной в хозяйственном отношении части Республики Башкортостан. Несмотря на достаточно хорошую изученность карста Южного Урала и Предуралья, в настоящее время для этой территории изданы только мелкомасштабные сводные карты карста. Первая же и последняя на сегодня сводная карта карста Южного Урала и Предуралья в границах Республики Башкортостан масштаба 1 : 1 000 000 составлена 46 лет тому назад, но она не издана и имеется только в геологических фондах. Накопленные в последние десятилетия данные по карсту Южного Предуралья позволяют произвести современную типизацию карста Южного Предуралья, определить основные принципы, методику и содержание составления карты сульфатного карста Южного Предуралья масштаба 1 : 500 000 с использованием современных ГИС-технологий. Перечисляются исходные данные для составления карты, дано обоснование выбора программного продукта ГИС «Карта 2011» для создания ГИС-проекта «Карст Южного Урала и Предуралья». Определены основные группы слоев ГИС-проекта и намечены дополнительные. Приводится фрагмент карты сульфатного карста Южного Предуралья, где представлены практически все типы карста по степени перекрытости карстующихся пород некарстающимися и формы их проявлений, как поверхностные, так и подземные. По фрагменту карты отмечены некоторые закономерности распространения поверхностных карстопоявлений.

Ключевые слова:

Южное Предуралье; сульфатный карст; типизация карста; карстовые поля, пещеры, аномально крупные карстовые провалы

Ссылка для цитирования:

Смирнов, А.И., 2018. Карта сульфатного карста Южного Предуралья (содержание, принципы и методика построения). Инженерная геология, Том XIII, № 1–2, с. 86–94. DOI: 10.25296/1993-5056-2018-13-1-2-86-94.

THE SULPHATE KARST MAP OF THE SOUTHERN CIS-URAL REGION (CONTENT, PRINCIPLES AND MAPPING METHODOLOGY)

SMIRNOV A.I.

Ministry of Environmental Management and Ecology of the Republic of Bashkortostan, Institute of Geology of the Ufa Federal Research Centre RAS, Ufa, Russia, smirnov.ai@bashkortostan.ru, smalii@mail.ru

Abstract

Karst phenomena of the Southern Cis-Ural region has been known since the first Academic expeditions of the Imperial Academy of Sciences and Arts (the second half of the 18th century). Long-term studies have established the presence of sulfate, carbonate and sulfate-carbonate karst, as well as karst of calcareous tuffs and clastokarst. The main patterns of development of these types of karst are determined, the forms of karst manifestations and the nature of their distribution are characterized. It is established that the most widespread and dangerous type of all karsts is the sulfate karst, which is developed mainly in the Cis-Ural region in the most economically exploited part of the republic of Bashkortostan. Despite good state knowledge of the karst of the Southern Urals and the Cis-Urals, at the present, only the small-scaled composite maps are published for this region. The first and the last for today summary map of the karst of the Southern Urals and the Cis-Urals in the borders of the Republic of Bashkortostan is a 1 : 1 000 000 scale and was compiled 46 years ago hasn't been published and is available only in the geological funds. Karst data for the South Urals and the Cis-Urals region's accumulated over the past decades allows to carry out modern typification of the karst in South Urals and the Cis-Urals region's, define the main principles, the techniques and the content of sulfate karst map with a scale of 1 : 500 000 by using the modern GIS- technologies. The initial data for mapping is listed together with sufficient justification for using a the software product GIS «Map-2011» for creating a GIS-project «Karst of the Southern Urals and the Cis-Urals region's». The main groups of layers of the GIS project are defined and as well as additional ones. The fragment of the sulphate karst map of the Southern Cis-Urals region is provided where practically all karst types are presented according to the degree of overlapping rocks of the karst by non-karstic ones and the forms of their manifestations, both surface and underground. Some distribution patterns of surface karstic manifestations are shown on the map fragment.

Key words:

the Southern Cis-Ural region; sulphate karst; karst typification; karst fields; caves; anomalously large karst dips

For citation:

Smirnov, A.I., 2018. The sulphate karst map of the Southern Cis-Ural region (content, principles and mapping methodology). Engineering Geology, Vol. XIII, No. 1–2, с. 86-94. DOI: 10.25296/1993-5056-2018-13-1-2-86-94.

Введение

Для территории Южного Предуралья характерно широкое развитие различных типов карста с распространением самых разнообразных форм его проявлений как поверхностных, так и подземных. Между тем, по степени неожиданности проявления на поверхности и причиняемому ущербу сульфатный карст на рассматриваемой территории относится к самому опасному типу карста, который в Южном Предуралье является и самым распространенным.

Сведения о карсте Южного Предуралья содержатся в более 400 научных публикациях, не менее 30 съемочных, поисковых и геологоразведочных геологических отчетах, в более 8 000 производственных инженерно-геологических отчетах по закарстованным территориям.

Однако в настоящее время данные, полученные в результате многолетних исследований карста рассматриваемой территории, не нашли сводного крупно- и средне-масштабного картографического отображения.

Один из ведущих отечественных карстоведов Н.В. Родионов в работе по карсту Европейской части СССР, Урала и Кавказа в 1963 году писал, что «предвидеть все трудности, связанные с освоением закарстованных территорий, не всегда возможно из-за отсутствия соответствующих карт и описания карстовых районов. Поэтому Молотовское (1947 г.) и Московское (1956 г.) карстовые соображения рекомендовали обобщить материалы по харак-

теристике карстовых районов для составления обзорных и детальных карт распространения карста на территории СССР» [8]. То есть актуальность составления карт закарстованных территорий была обозначена еще в середине прошлого столетия.

К истории типизации и картографирования карста Южного Предуралья

В 1960–1980-х годах при гидрогеологической съемке масштаба 1 : 200 000 (Алексеев В.А., Андрианов Г.М., Верзаков М.С., Муртазин А.Г., Попов В.Г., Толстунова Н.Н., Шевченко А.М. и др.) в карстовых районах Южного Предуралья детально изучалось распространение карста с его картографическим отображением. Инженерно-геологические условия карста отдельных небольших территорий содержатся и в специальных производственных геологических отчетах (Андрианов Г.М., Верзаков М.С., Саваренский И.А., Смирнов А.И. и др.).

Первая же сводная карта карста для части рассматриваемой территории масштаба 1 : 500 000 была составлена М.С. Верзаковым в 1963 году для территории Бельской депрессии и Рязано-Охлебининского вала в пределах листов: N-40-IX (юго-западная часть), N-40-XV (западная половина), N-40-XXI (юго-западная часть). На ней показаны отдельные карстовые поля с указанием плотности воронок в их пределах в пересчете на 1 км², известные к тому времени пещеры, крупные карстовые родники, изопакиты

рыхлых (кайнозойских) отложений, а также границы карстовых районов и подрайонов. Карта сопровождалась пояснительной запиской с характеристикой карстовых районов и подрайонов.

В производственном отчете Башкирского территориального геологического управления «Типы карста Башкирской АССР» приведена карта карста В.И. Мартина масштаба 1 : 1 000 000 (Мартин В.И., 1970 г.). В 1972 году в масштабе ~ 1 : 4 000 000 (точный масштаб карты не указан) карта карста В.И. Мартина была опубликована в монографии Гидрогеология СССР. Том XV. Башкирская АССР [7]. Согласно карте карста В.И. Мартина вся территория Южного Урала и Предуралья по типу питания подземных вод отнесена к одному типу — карсту, развивающемуся в условиях умеренного питания. По условиям залегания карстующихся пород и характеру рельефа местности в границах Республики Башкортостан В.И. Мартиным выделены подтипы: равнинный на преимущественно горизонтально залегающих карстующихся породах; горный на сильно дислоцированном субстрате; равнинный на складчато-глыбовой основе. По составу карстующихся пород — классы: сульфатный, карбонатный и сульфатно-карбонатный, а по характеру обнаженности карстующихся пород — подклассы: открытый, покрытый, закрытый.

«Равнинный подтип карста на горизонтальной основе распространен в Южном Предуралье, для которого свойственны преимущественно спокойное залегание пород и сглаженные формы рельефа. Эта часть Башкортостана отличается наибольшим разнообразием карста. Здесь широко представлены сульфатный и карбонатный классы карста, а иногда они присутствуют одновременно, и в таких случаях возможно выделение смешанного сульфатно-карбонатного класса» [2, с. 133 и 136]. Несмотря на разнообразие карста по составу карстующихся пород, максимальная закарстованность и современная активность проявления карста на поверхности в Южном Предуралье характерна для сульфатного карста, который здесь и наиболее распространен [по 7].

«Горный подтип карста на сильно дислоцированном субстрате приурочен к карбонатным толщам, развитым в пределах Западно-Уральской внешней зоны складчатости» [2, с. 155] и Центрально-Уральского поднятия. «Горный рельеф и сильная дислоцированность отложений, частое переслаивание карбонатных и некарбонатных пород при наличии многочисленных разрывных нарушений обусловили» [2, с. 155] более значительную, чем в Южном Предуралье, глубину проникновения карста в толщу карбонатных пород [по 7].

«Равнинный подтип карста на складчато-глыбовой основе распространен в Зауралье» [2, с. 159] в пределах Тагильско-Магнитогорского прогиба. «Здесь, среди эффузивных образований на отдельных участках развиты карбонатные породы. Все отложения сильно дислоцированы и разбиты тектоническими нарушениями. Его особенностью является линейный характер развития процесса, значительная глубина проникновения по зонам тектонических нарушений или литологическим контактам, а отсюда — линейная концентрация карстовых вод» [2, с. 159] и карстопроявлений.

Сводная мелкомасштабная карта карста В.И. Мартина 1972 года в последующем была включена в нормативные документы по инженерно-геологическим изысканиям на

закарстованных территориях: РСН 1–91 «Инженерные изыскания для строительства. Нормы производства инженерных изысканий на закарстованных территориях», ВСН 2–86 «Инструкция по изысканиям, проектированию, строительству сооружений на закарстованных территориях Башкирской АССР», ТСН 302–50–95 «Инструкция по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Республики Башкортостан».

Выделенные типы карста В.И. Мартина и основные закономерности его развития и распространения по территории достаточно подробно освещены в отмеченных нормативных документах и не требуют здесь дополнительных морфологических и морфометрических характеристик.

В 1993 году была опубликована схематическая внесмащтабная карта закарстованности территории г. Уфы и его окрестностей, на которой показаны поверхностные проявления карста с указанием территорий устойчивости для строительства, но не отображена типизация карста [1].

В 2002 году вышла монография «Карст Башкортостана», где приведена карта типизации карста масштаба 1 : 2 500 000 [2], составленная на основе карты карста В.И. Мартина 1970 года масштаба 1 : 1 000 000. В монографии типизация карста по составу карстующихся пород дополнена еще двумя типами — карстом известковых туфов и кластокарстом, которые на рассматриваемой в монографии территории развиты исключительно в Южном Предуралье.

Карст известковых туфов развит очень ограниченно и известен в западной части Бугульмино-Белебеевской возвышенности на участках распространения карбонатных верхнеказанских пород. Мощность залежей известковых туфов здесь достигает 8–10 м, а проявления карста в них представлены главным образом кавернами, полостями и пещерами. Последние известны в массиве туфов на левом склоне Казенного лога (бассейн р. Кидаш), где задокументировано пять небольших пещер длиной от 4,5 до 13 м [2].

Кластокарст связан с терригенными отложениями на гипсовом и карбонатном цементе, в разрезе которых нередко встречаются прослои и линзы гипсов.

Наиболее значительное распространение кластокарст получил на Приайской равнине в пределах ее пологоволнистой части. Образование поверхностных форм кластокарста связано здесь с загипсованными и сильно карбонатизированными терригенными отложениями кошелевской свиты кунгурского яруса (песчаники, алевролиты, аргиллиты). Кроме того, в них одновременно развивается и сульфатный карст в линзах и прослоях гипса. Наибольшее развитие кластокарст получил здесь вдоль подножья восточного уступа Уфимского плато. Проявления кластокарста здесь представлены преимущественно воронками, диаметр которых обычно составляет 5–30, реже 50 м, а глубина их колеблется от 2–5 до 15–25 м. Иногда в кошелевских песчаниках образуются провалы глубиной до 32 м (Смирнов А.И., Нагуманов Д.Г., Ткачев В.Ф., 1989 г.).

На остальной части Южного Предуралья кластокарст встречается относительно ограниченно, с наибольшим распространением в бассейнах рек Ик, Дема, Сюня, Базы, Чермасана и др. Связан он здесь с гипсоносными уфимскими и казанскими глинами, аргиллитами, алевролитами и песчаниками и проявляется на поверхности в виде блюдце- и чашеобразных воронок, редко в виде небольших провалов (диаметром не более 3 м) [2].

В 2004 году в материалах международного симпозиума «Карстоведение — XXI век: теоретическое и практическое значение» была опубликована статья автора настоящей работы «Типы карста и современная активность его развития на Южном Урале и в Предуралье» [10]. В ней приведена детализированная типизация карста В.И. Мартина. Статья нашла картографическое отображение в 2005 году в Атласе Республики Башкортостан в виде карты карста Республики Башкортостан масштаба 1 : 2 500 000, на которой отображены типы карста по характеру рельефа и условиям залегания карстующихся пород; составу карстующихся пород, а также оценена пораженность территории поверхностными проявлениями карста. На карте 2005 года выделены следующие таксономические единицы районирования территории Южного Урала и Предуралья по типам карста [11].

Типы карста по характеру рельефа и условиям залегания карстующихся пород.

Карстовая страна Восточно-Европейской равнины:

- равнинный карст в горизонтально и пологозалегающих породах Предуралья;
- равнинный и предгорный карст Предуралья в пологозалегающих и слабо дислоцированных породах.

Уральская карстовая страна:

- горный карст в сильно дислоцированных образованиях Урала;
- равнинный карст в складчато-глыбовых отложениях Зауралья.

Типы карста по составу карстующихся пород (классы по В.И. Мартину):

- сульфатный;
- карбонатный;
- сульфатный и карбонатный («сульфатно-карбонатный»);
- кластокарст;
- сульфидный.

То есть к выделенным ранее типам карста по составу карстующихся пород (классам по В.И. Мартину) дополнительно был выделен еще один тип карста по составу карстующихся пород — сульфидный или рудный.

Наиболее полное обоснование выделения сульфидного карста, как одного из самостоятельного литологического типа карста, на наш взгляд, было дано В.А. Горяиновым, которым рудный карст определен не как процесс локализации рудного вещества в ранее образовавшихся карстовых пустотах, и не как карст в известняках, вмещающих тела сульфидных руд, а как карст в самих рудных телах. При этом он совершенно справедливо использовал термин «сульфидный карст», который обозначает (по аналогии с сульфатным, карбонатным и т.п.) состав карстующихся пород [9]. Этот термин и его толкование В.А. Горяинова принимается и автором настоящей статьи.

На поверхности сульфидный карст представлен округлыми и эллипсоидными блюдце-, очень редко чашеобразными западинами и воронками. Поперечник их колеблется от нескольких до десятков и первых сотен метров, а глубина — от 0,5 до 1–2 м. В целом, по имеющимся сведениям, воронки, обусловленные развитием сульфидного карста, известны практически на всех медно-колчеданных месторождениях Южного Урала, на которых рудные залежи выходят на поверхность палеозойского фундамента и подвержены гипергенным изменениям [9].

Дальнейшее картографическое отображение типизации карста Южного Предуралья нашло в работе «Карстоопасность территории Республики Башкортостан» [15]. В этой работе, наряду с ранее выделенными типами карста, на мелкомасштабной схеме детализированы и отражены типы карста по условиям питания подземных вод в соответствии с характером физико-географических условий и интенсивностью увлажнения (соотношение количества атмосферных осадков и испарения):

I — карст, развивающийся в обстановке избыточного увлажнения, охватывающей почти всю горную область и часть Предуралья в пределах Уфимского плато и примыкающую к нему с запада и юга часть Прибельской равнины;

II — карст, развивающийся в обстановке умеренного увлажнения, которая занимает большую часть Предуралья, включая Приайскую равнину, южную часть горной области, полосу восточных предгорий системы Ирендык-Крыкты и северную часть Кизило-Уртызымской равнины;

III — карст, развивающийся в обстановке недостаточного увлажнения, которая сформирована на крайнем юго-востоке Башкортостана с преимущественно равнинным рельефом и степной растительностью.

Последние публикации по карсту рассматриваемой территории [3–5,14] не привнесли принципиально нового смысла для его картографического отображения.

Таким образом, в настоящее время для территории Южного Предуралья, Южного Урала многолетними исследованиями достаточно четко определены подходы к типизации территории по карсту, однако сводная изданная карта карста крупнее масштаба 1 : 2 500 000 на сегодня отсутствует. Сводная же карта карста Республики Башкортостан В.И. Мартина масштаба 1 : 1 000 000 составлена 46 лет тому назад, но на сегодня не издана и имеется только в геологических фондах.

Автором и коллегами предпринята попытка создания карты сульфатного карста Южного Предуралья, которая ранее в масштабе 1 : 500 000 не составлялась.

Исходные данные

Исходными данными для карты карста Южного Предуралья масштаба 1 : 500 000 послужили производственные геологические отчеты ПГО «Башкиргеология»:

Смирнов А.И., Ткачев В.Ф. Отчет об изучении экзогенных геологических процессов в юго-западной части Башкирской АССР и на Уфимском карстовом косогоре в 1982–1985 гг., г. Уфа, 1986;

Смирнов А.И., Нагуманов Д.Г., Ткачев В.Ф. Отчет по изучению экзогенных геологических процессов (ЭГП) в северной части Башкирской АССР и составлению карты ЭГП Башкирской АССР масштаба 1 : 2 500 000 за 1985–1989 гг., г. Уфа, 1989.

В отмеченных отчетах представлены среднемасштабные инженерно-геологические карты пораженности территории Башкирской АССР проявлениями ЭГП (в том числе карста) масштаба 1 : 200 000 и карты подверженности населенных пунктов и других народно-хозяйственных объектов воздействию ЭГП (в том числе карста).

Карты пораженности в этих отчетах составлены на основе дешифрирования аэрофотоснимков масштаба 1 : 17 500–25 000 залета 1953–1955 гг. с полевым изучением ЭГП на ключевых участках.

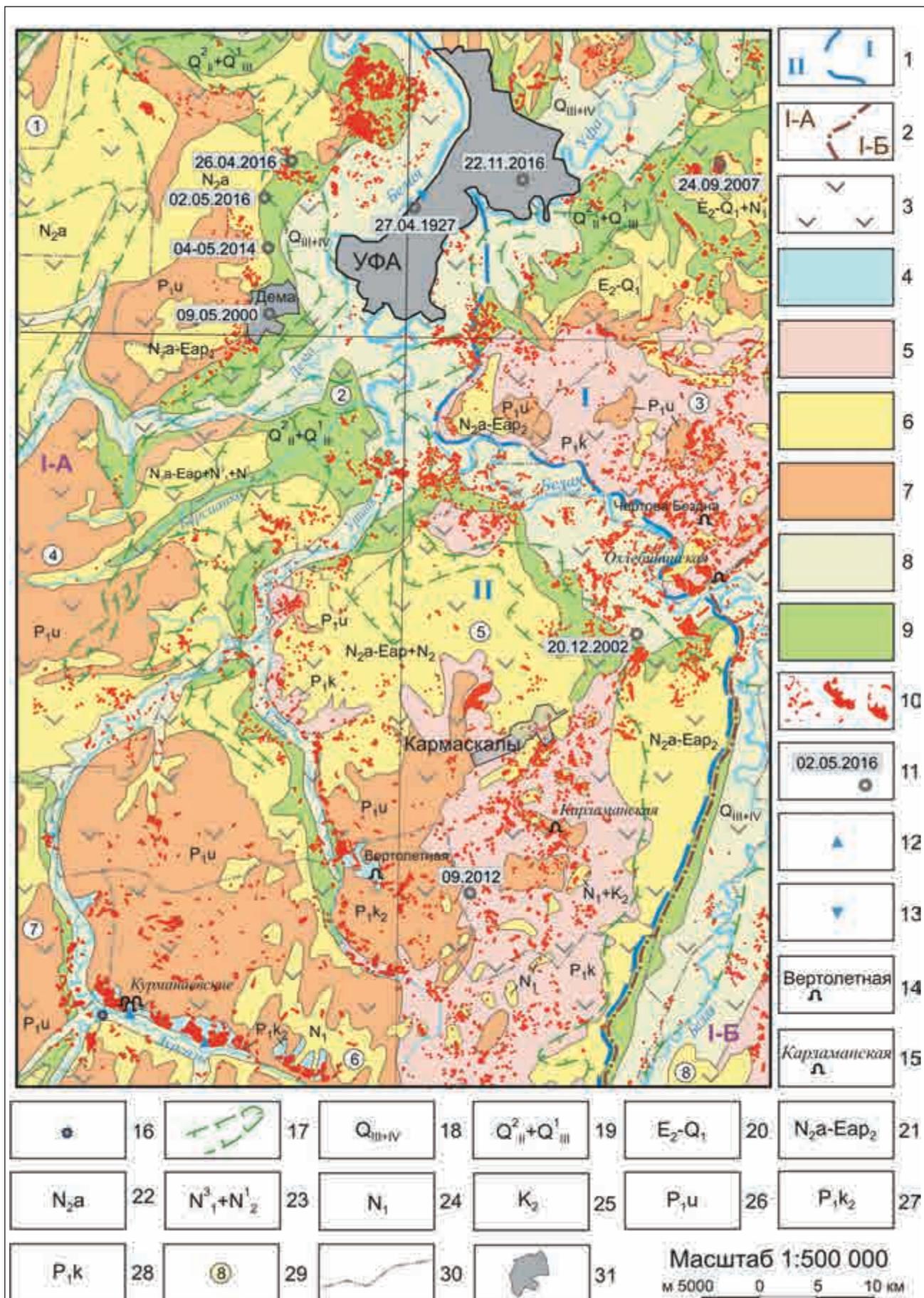


Рис. Фрагмент карты сульфатного карста Южного Предуралья

Условные обозначения

Типы карста

По условиям питания подземных вод

Карст, развивающийся в обстановке:

- I. Избыточного увлажнения;
- II. Умеренного увлажнения.

По характеру рельефа и условиям залегания карстующихся пород

Карстовая страна Восточно-Европейской равнины

2. I-A. Равнинный карст в горизонтально- и пологозалегающих породах Предуралья;
- I-B. Равнинный и предгорный карст Предуралья в пологозалегающих и слабо дислоцированных породах.

По составу карстующихся пород

3. Сульфатный.

По степени перекрытости карстующихся пород некарстующимися

4. Открытый — на площадях выхода карстующихся пород на поверхность или — под почвенно-растительным слоем, с участками прикрытого.
5. Прикрытый — под маломощным покровом элювиально-делювиальных современных образований, водопроницаемость которых обусловлена их пористостью.
6. Покрытый — под плиоцен-плейстоценовыми рыхлыми слабопроницаемыми элювиально-делювиальными и морскими отложениями.
7. Закрытый — под скальными и полускальными преимущественно нерастворимыми палеозойскими породами с трещинной водопроницаемостью.
8. Перекрытый — под аллювиальными водопроницаемыми по порам отложениями долин рек в границах пойм и I надпойменных террас.
9. Перекрытый — под аллювиальными водопроницаемыми по порам отложениями долин рек, участками в сочетании с покрытым в границах II и III надпойменных террас долин рек.

Проявления карста

10. Карстовые поля и отдельные карстовые воронки.
11. Аномально крупные карстовые провалы и воронки (поперечником или глубиной более 15 м) с фиксированным временем образования.
12. Высокодебитные (более 50 л/с) карстовые родники.
13. Поноры — место поглощения поверхностных вод.
14. Карстовые пещеры протяженностью 100 м и более.
15. Карстовые пещеры — памятники природы.
16. Карстовые останцы.

Другие геологические обозначения

17. Контур палеодолин рек (по Н.Н.Толстуновой, 2004 г.).

Геологические индексы

18. Верхнее звено неоплейстоцена-голоцена. Аллювиальные, болотные и озерные образования высокой и низкой пойм, I надпойменной террасы долин рек. Суглинки, песчано-гравийные образования; верхняя часть верхнего звена — суглинки, пески, галечники, иловатая глина, торф.
19. Верхняя часть верхнего звена и нижняя часть верхнего звена неоплейстоцена. Аллювиальные образования II и III надпойменных террас долин рек. Супеси, суглинки, пески, гравий, галечники (верхняя и нижняя части II надпойменной террасы); среднее звено и нижняя часть верхнего звена — суглинки, иловатые глины, супеси, галечники; верхняя часть среднего звена — глинистые пески, глины, суглинки (III надпойменная терраса).
20. Верхний эоплейстоцен — нижнее звено неоплейстоцена. Глины, суглинки с линзами галечников, гравия (общесыртовая свита); эоплейстоцен, апшеронский ярус (Еар) глины, пески, суглинки, галечники.
21. Верхний плиоцен, акчагыльский ярус — эоплейстоцен, апшеронский ярус — нерасчлененные. Пески, глины, гравий, галечники, конгломераты.
22. Верхний плиоцен, акчагыльский ярус. Глины, пески, галечники.
23. Верхний миоцен — нижний плиоцен нерасчлененные. Галечники, глины, пески.
24. Мооцен, нерасчлененные образования. Глины, пески, галечники.
25. Меловая система. Верхний отдел. Сантонский ярус. Песчаники, галечники.
26. Уфимский ярус. Шешминская и соликамская свиты. Пестроцветные глины с прослоями песчаников, мергелей, известняков; алевролиты, аргиллиты, мергели, доломиты, известняки.
26. Кунгурский ярус. Иренский горизонт. Гипсы, ангидриты, доломиты.
27. Кунгурский ярус. Верхний подъярус. Гипсы, ангидриты.

Прочие обозначения

29. Номера муниципальных районов:
 1. Кушнаренковский;
 2. Уфимский;
 3. Иглинский;
 4. Чишминский;
 5. Кармаскалинский;
 6. Аургазинский;
 7. Давлекановский;
 8. Гафурийский.
30. Границы муниципальных районов.
31. Территория населенных пунктов.

Результаты дешифрирования проявлений ЭГП, в том числе карста, отображались по номенклатурным листам масштаба 1 : 25 000 и 1 : 100 000–1 : 200 000 на геологической основе съемочных листов и приложены к отчетам, которые в настоящее время хранятся в Башкортостанском филиале «ТФГИ по ПФО». Они послужили исходным материалом для отображения на карте карста Южного Предуралья поверхностных проявлений сульфатного карста Южного Предуралья, а также таксономических единиц его типизации.

Карты подверженности населенных пунктов карстопроявлениями отражают степень воздействия ЭГП на них, определенную в 1979 году по методике ВСЕГИНГЕО «Методические рекомендации по проведению специального инженерно-геологического обследования и составлению карт районов, потенциально опасных и подверженных оползням, обвалам и другим экзогенным геологическим процессам».

Ценность карт подверженности для составления сводной карты карста Южного Предуралья заключается в том, что на ней отображены карстовые провалы и воронки с фиксированным временем образования. Они установлены по фондовым и архивным источникам, а также по данным полевого обследования населенных пунктов (Смирнов А.И., Ткачев В.Ф., 1986 г., Смирнов А.И., Нагуманов Д.Г., Ткачев В.Ф., 1989 г.).

Методика исследований

Карта сульфатного карста Южного Предуралья создается в системе координат — Пулково-42, так как именно в этой системе координат отображена исходная информация по карсту на бумажных носителях, содержащихся в производственных геологических отчетах. Кроме того, в этой системе координат создана кондиционная топографическая основа масштаба 1 : 500 000 (2005 г.), на основе которой будет отображаться специальное содержание карты.

Исходные данные карт пораженности территории карстопроявлениями и подверженности карстом населенных пунктов масштаба 1 : 200 000 сведены автором и коллегами в масштаб 1 : 500 000.

В последующем на основе собранной и систематизированной информации по карсту Южного Предуралья планируется создать ГИС-проект «Карст Южного Урала и Предуралья».

В настоящее время преимущество применения ГИС-технологий для картографического отображения любых объектов уже не требует особых обоснований, поскольку они позволяют не только визуализировать пространственные данные, но и осуществлять их анализ. Сегодня существует много программных продуктов зарубежного и отечественного производства, позволяющих создавать ГИС-проекты различного содержания (ArcGIS, ГИС MapInfo Professional, ActiveMap GS, ГИС «ИнГЕО» и др.).

Для создания ГИС-проекта «Карст Южного Урала и Предуралья» выбрана геоинформационная система ГИС «Карта 2011» (КБ «Панорама», г. Москва). При этом определяющим для выбора программного продукта ГИС «Карта 2011» для окончательного варианта карты карста послужило Постановление Правительства Российской Федерации от 16.11.2015 № 1236 «Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд», а также то, что ЗАО Конструктор-

ское бюро «Панорама» на сегодня является ведущей российской компанией в области разработки геоинформационных систем. Более того, ГИС «Карта 2011» имеет цифровой классификатор geology.rsc, который создан в соответствии с требованиями ГОСТ 21.302–96 и предназначен для создания специальных инженерно-геологических ГИС-объектов, в том числе проявлений карста [4].

На сегодня в ГИС-проект «Карст Южного Урала и Предуралья» загружены первичные исходные данные в растровом формате и оцифрованы поверхностные проявления карста Южного Предуралья. После окончательной типизации территории Южного Урала и Предуралья по закарстованности, поверхностные карстопроявления ГИС-проекта позволят получить точные количественные характеристики интенсивности распространения по территории определенных типов карста и, в конечном счете, оценить карстоопасность Южного Предуралья. Кроме того, используя возможности ГИС-технологий, можно будет оценить пораженность рассматриваемой территории по отдельным ее частям по различным принципам их выделения.

Исходные данные съемки ЭГП масштаба 1 : 200 000 дополнены автором современной типизацией карста Южного Предуралья [10, 11, 13] и информацией по аномально крупным карстовым провалам с фиксированным временем образования [12], что наглядно характеризует частоту и масштаб проявления карста на поверхности.

Результаты исследований

Карта карста Южного Предуралья составляется Институтом геологии Уфимского научного центра в лаборатории гидрогеологии и геоэкологии (заведующий лабораторией Р.Ф. Абдрахманов) по теме «Опасные геологические процессы на Южном Урале и Предуралье» (№ 0252-2014-0017). Автор настоящей статьи работает над темой по совместительству. Карта сульфатного карста Южного Предуралья будет входить составной частью в ГИС-проект «Карст Южного Урала и Предуралья». При этом основными исполнителями по наполнению исходной информацией ГИС-проекта являются автор настоящей статьи и В.Н. Дурнаева при участии Р.М. Ахметова. В проекте планируется отразить следующее.

В основной группе слоев:

1. Современное районирование закарстованности территории Южного Предуралья с отражением границ развития различных его типов:

- по условиям питания подземных вод;
- по характеру рельефа и условиям залегания карстующихся пород;
- по составу карстующихся пород;
- по степени перекрытости карстующихся пород некарстующимися.

2. Проявления карста:

- карстовые воронки, объединенные в масштабе карты в карстовые поля;
- отдельные карстовые воронки;
- аномально крупные провалы с известной датой образования и воронки (поперечником и глубиной более 15 м);
- высокодебитные карстовые родники;
- карстовые пещеры протяженностью 100 м и более;
- карстовые пещеры-памятники природы;
- другие проявления карста.

- В дополнительных группах слоев:
3. Контуры палеодолин рек, как один из основных факторов, влияющих на активность развития карста.
 4. Границы муниципальных районов.

Специальное отображение на карте пещер-памятников природы очень важно для практических целей, так как они имеют охранные зоны, в пределах которых любая хозяйственная деятельность, тем более строительство новых зданий и сооружений, запрещена.

На рисунке приведен фрагмент карты сульфатного карста Южного Предуралья масштаба 1 : 500 000, составленный автором настоящей статьи по территории листов: N-40-VIII-40, 41; N-40-XV-52, 53, 64, 65 [4].

Для детализации характеристики содержательной части карты карста она дополнена геологическими индексами стратиграфических подразделений, которые указаны в соответствии с Легендой Средневолжской серии листов государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 200 000 (г. Нижний Новгород, 2005 г.). В окончательном варианте карты объем стратиграфических подразделений планируется привести в соответствии с последними разработками Межведомственного стратиграфического комитета России, что конечно потребует дополнительных специальных исследований.

Следует особо отметить, что карта сульфатного карста Южного Предуралья масштаба 1 : 500 000 не затрагивает территории городов, для которых необходимо крупномасштабное картографическое отображение карста. В то же время, для повышения практического значения карты на ней отражены границы муниципальных образований с целью оценки карстовой опасности их территорий.

В дальнейшем ГИС-проект «Карст Южного Урала и Предуралья» будет пополнен еще одной дополнительной группой слоев: интенсивность распространения поверхностных карстопроявлений, гидрогеологическое районирование, новейшая тектоника, трещиноватость и разломы и др. Несомненно, что полнота отображения слоев будет неодинаковой, так исходные данные неравноценны по детальности.

Выводы

Карта сульфатного карста Южного Предуралья даст возможность уточнять установленные и выявлять новые закономерности его развития. Так, на представленном фрагменте карты даже в первом приближении четко вид-

но, что современные аномально крупные карстовые провалы чаще всего образуются в тыловых частях надпойменных террас долин рек и, более того, тяготеют к прибрежным и придолинным частям палеодолин рек, что не противоречит, а подтверждает ранее теоретические предположения. В то же время, локальное и интенсивное распространения поверхностных карстопроявлений в контурах палеодолин крупных магистральных рек Южного Предуралья связаны, вероятно, с погребенными карстовыми останцами. Более того, на представленном фрагменте карты сульфатного карста даже визуально четко фиксируется уменьшение интенсивности распространения поверхностных карстопроявлений от степени перекрытости карстующихся пород некарстующимися — их составом и характером водопроницаемости, что и определяет их выделение. Кроме того, на представленном фрагменте карты сульфатного карста наблюдается также повышение интенсивности распространения поверхностных карстопроявлений в пределах вторых надпойменных террас долин рек в районах их крупных излучин, что связано, вероятно, с новейшими тектоническими структурами.

Созданный ГИС-проект «Карст Южного Урала и Предуралья» позволит получить количественные показатели развития различных типов карста, оценить карстоопасность отдельных частей Южного Урала и Предуралья, выделенных по заданным признакам.

Карта карста может быть полезна и востребована при планировании строительства новых отдельных социально-экономических объектов, при разработке генеральных схем расширения существующих населенных пунктов и проектировании новых, планировании строительства протяженных линейных объектов (продуктопроводов, ЛЭП и т.п.) и др.

В заключении следует подчеркнуть, что карта сульфатного карста Южного Предуралья масштаба 1 : 500 000 составляется впервые.

Настоящая публикация — первый шаг в составлении современной среднемасштабной карты карста Южного Урала и Предуралья, и в связи с этим автор выражает глубокую признательность всем рецензентам данной работы за весьма конструктивные замечания и конкретные пожелания, которые, несомненно, будут учтены при составлении окончательного варианта карты. Автор настоящей статьи надеется также на получение замечаний и предложений от читателей журнала. 🌐

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахманов, Р.Ф., Мартин, В.И., 1993. Гидрогеоэкология г. Уфы. УНЦ РАН, Уфа.
2. Абдрахманов, Р.Ф., Мартин, В.И., Попов, В.Г., Рождественский, А.П., Смирнов, А.И., Травкин, А.И., 2002. Карст Башкортостана. Информреклама, Уфа.
3. Абдрахманов, Р.Ф., Попов, В.Г., Смирнов, А.И., 2016. Распространение карста на территории Башкортостана и его значение для практики. Вестник АН РБ, № 4, с. 81–90.
4. Абдрахманов, Р.Ф., Смирнов, А.И., Дурнаева, В.Н., Полева, А.О., Ахметов, Р.М., Носарева, С.П., 2017. Опасные геологические процессы на Южном Урале и Предуралье (их активизация и прогноз). Геологический сборник, № 14, с. 136–148, URL: http://ig.ufaras.ru/File/E2017/Sbornik_14_IG_USC_RAS.pdf (Дата обращения: 18.01.2018).
5. Абдрахманов, Р.Ф., Смирнов, А.И., 2016. Карст Южного Предуралья и его активизация под влиянием техногенеза. Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, № 4, с. 353–361.
6. Дорофеев, Е.П., Лукин, В.С., 1970. Природный карстово-спелеологический музей в степной Башкирии. Пещеры, вып. 8–9, с. 66–71.
7. Мартин, В.И., 1972. Карст. В кн. под ред. Е.А. Зуброва, Гидрогеология СССР, т. XV. Башкирская АССР. Недр, М., с. 77–91.
8. Родионов, Н.В., 1963. Карст Европейской части СССР, Урала и Кавказа. Госгеолтехиздат, М.

9. Смирнов, А.И., 2003. Сульфидный карст как самостоятельный литологический тип карста на Южном Урале. Геология, полезные ископаемые и проблемы экологии Башкортостана, Материалы V Республиканской геологической конференции, Уфа, 2003, т. 2, с. 135–137.
10. Смирнов, А.И., 2004. Типы карста и современная активность его развития на Южном Урале и в Предуралье. Карстование — XXI век: теоретическое и практическое значение, Материалы международного симпозиума, Пермь, 2004, с. 90–94.
11. Смирнов, А.И., 2005. Карст. Атлас Республики Башкортостан. Правительство Республики Башкортостан. Уфа, с. 60.
12. Смирнов, А.И., 2013. Аномально крупные карстовые провалы Южного Урала и Предуралья. Геологический сборник, № 10, с. 50–56.
13. Смирнов, А.И., 2014. Открытый сульфатный карст Южного Предуралья. Геологический сборник, № 11, с. 243–248.
14. Смирнов, А.И., 2015. Оценка карстовой опасности Южного Урала и Предуралья. Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах, Материалы Международного симпозиума, Пермь, 2015, с. 194–198.
15. Смирнов, А.И., Абдрахманов, Р.Ф., 2007. Карстоопасность территории Республики Башкортостан. Вестник Академии наук РБ, т. 12, № 2, с. 5–11.

REFERENCES

1. Abdrakhmanov, R.F., Martin, V.I., 1993. Hydrogeoeology of the city of Ufa. Of the Ufa Science Center of the Russian Academy of Sciences. Ufa. (In Russ.).
2. Abdrakhmanov, R.F., Martin, V.I., Popov, V.G., Rozhdestvensky, A.P., Smirnov, A.I., Travkin, A.I., 2002. Karst of Bashkortostan. Informreklama, Ufa. (In Russ.).
3. Abdrakhmanov, R.F., Popov, V.G., Smirnov, A.I. Distribution of karst in the territory of Bashkortostan and its value for practice, 2016. Bulletin of the Academy of Sciences of Bashkortostan, no. 4, pp. 81–90. (In Russ.).
4. Abdrakhmanov, R.F., Smirnov, A.I., Durnev, V.N., Poleva, A.O., Akhmetov, R.M., Kosareva, S.P., 2017. Dangerous geological processes in the Southern Urals and the Cis-Urals region (their activation and forecast). The geological collection, no. 4, pp. 134–148, URL: http://ig.ufaras.ru/File/E2017/Sbornik_14_IG_USC_RAS.pdf (Accessed 18 January 2018). (In Russ.).
5. Abdrakhmanov, R.F., Smirnov, A.I., 2016. Karst of Southern Cis-Urals and its activation under influence of technogenesis, 2016. Geoeology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology, no. 4, pp. 353–361. (In Russ.).
6. Dorofeyev, E.P., Lukin, V.S., 1970. Natural Karst-speleological Museum in the Bashkiria steppe. Caves, issue 8–9, Perm, pp. 66–71. (In Russ.).
7. Martin, V.I., 1972. Karst. In E.A. Zubrov (ed.), Hydrogeology of the USSR, vol. XV. The Bashkir Autonomous Soviet Socialist Republic. Nedra, Moscow, pp. 77–91. (In Russ.).
8. Rodionov, N.V., 1963. Karst of the European part of the USSR, the Urals and the Caucasus. Gosgeoltekhizdat, Moscow. (In Russ.).
9. Smirnov, A. I., 2003. Sulfide karst as a separate lithologic type of karst in the Southern Urals. Geology, minerals and environmental problems of Bashkortostan Republic, Materials of V Republican geological conference, Ufa, 2003, vol. 2, pp. 135–137. (In Russ.).
10. Smirnov, A.I., 2004. Types of karst and the modern activity of its development in the Southern Urals and in the Cis-Urals. Karstology — XXI century: theoretical and practical significance, Materials of the international symposium, Perm, 2004, pp. 90–94. (In Russ.).
11. Smirnov, A.I., 2005. Karst. Atlas of the Republic of Bashkortostan. Government of The Republic Of Bashkortostan, Ufa, pp. 60. (In Russ.).
12. Smirnov, A.I., 2013. Abnormally large karst dips of the Southern Urals and Cis-Urals. Geological collection, no. 10, pp. 50–56. (In Russ.).
13. Smirnov, A.I., 2014. Outdoor sulfate karst of the Southern Cis-Urals. Geological collection, no. 11, pp. 243–248. (In Russ.).
14. Smirnov, A.I., 2015. Estimation of the karst hazard of Southern Urals and Cis-Urals. Environmental safety and construction in karst areas, Materials of the international symposium, Perm, 2015, pp. 194–198. (In Russ.).
15. Smirnov, A.I., Abdrakhmanov, R.F., 2007. Karst hazard of the territory of the Republic of Bashkortostan. Bulletin of the Academy of Sciences of Bashkortostan, Ufa, vol. 12, no. 2, pp. 5–11. (In Russ.).

CAPTION TO FIGURE

Fig. Fragment of map of sulfate karst of the Southern Cis-Urals

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

СМИРНОВ А.И.

Заместитель начальника отдела геологической информации и мониторинга Министерства природопользования и экологии Республики Башкортостан, старший научный работник лаборатории гидрогеологии и геоэкологии Института геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, к.г.-м.н., г. Уфа, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

SMIRNOV A.I.

Deputy Head of Department of Geological Information and Monitoring of the Ministry of Environmental Management and Ecology of the Republic of Bashkortostan, Senior Researcher of the Laboratory of Hydrogeology and Geoecology of the Institute of Geology of the Ufa Federal Research Center RAS, PhD (Candidate of Science in Geology and Mineralogy), Ufa, Russia