Научная статья
УДК 551.444.2 (470.57)
DOI: 10.31084/2619–0087/2021–3–5

КАРСТ ТЕРРИТОРИИ ГЕОПАРКА «ЯНГАН-ТАУ»

А.И. Смирнов

Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, 450077, г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2, smalil@mail.ru

Глобальный геопарк ЮНЕСКО «Янган-Тау», первый и пока единственный в России, находится в границах Салаватского муниципального района Республики Башкортостан. Располагаясь на стыке Европы и Азии, его территория включает две крупные карстовые страны — равнинного карста Восточно-Европейской равнины и горного карста Урала. Установлено, что на территории геопарка, наряду с традиционным карбонатным карстом, развит специфичный кластокарст. Карбонатный карст распространен как в равнинной, так и горной частях геопарка и связан преимущественно с нижне- и верхнепалеозойскими известняками, доломитами и мергелями. Кластокарст развит исключительно в равнинной части геопарка в гипсоносных нижнепермских терригенных породах. Охарактеризованы формы проявления карста и установлены основные геолого-геоморфологические закономерности их распространения. Дана оценка современной активности развития карста и степени его воздействия на населенные пункты и другие объекты экономики, карстоопасность оценена как не опасная и потенциально опасная. Представлена карта карста геопарка масштаба 1:500000, на которой отражены типы карста и наиболее типичные его поверхностные и подземные проявления.

Ключевые слова: глобальный геопарк ЮНЕСКО «Янган-Тау», Уфимское плато, Приайская равнина, карбонатный карст, кластокарст

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственной бюджетной темы № 0246-2019-0118. Автор благодарит Ю.В. Соколова, Г.А. Данукалову, Е.М. Осипову и П.Г. Полежанкину за предоставленные фотографии.

Original article

THE KARST OF THE “YANGAN-TAU” GEOPARK TERRITORY

A.I. Smirnov

Institute of Geology, Ufa Federal Research Center of RAS, 16/2, K. Marx St., Ufa, 450077, Russia, smalil@mail.ru

The Global Geopark UNESCO “Yangan-Tau” is the first GGN UNESCO in Russia; it is located within the boundaries of Salavat district of the Bashkortostan Republic. Geopark is located at the boundary between Europe and Asia; Geopark’ territory covers two major karst areas — 1) a karst of the East European Plain (karst of plains) and 2) the karst of the Ural mountains (karst of mountains). It is established that on the territory of Geopark, along with the traditional carbonate karst, specific clastic karst is developed. Carbonate karst is widespread in both plain and mountainous parts of the geopark and is associated mainly with the Lower and Upper Paleozoic limestones, dolomites and marls. Clastokarst is developed exclusively in the plain part of the geopark in gypsiferous Lower Permian terrigenous rocks. The forms of karst evidence and the main geological and geomorphological regularities of their distribution are characterized in the paper. When assessing the current activity of karst development and

Для цитирования: *А.И. Смирнов* Карст территории геопарка «Янган-Тау» // Геологический вестник. 2021. №3. С. 37–51. DOI: 10.31084/2619–0087/2021–3–5

For citation: A.I. Smirnov. (2021) The karst of the “Yangan-Tau” Geopark territory. *Geologicheskii vestnik*. 2021. No. 3. P. 37–51. DOI: 10.31084/2619–0087/2021–3–5

© А.И. Смирнов, 2021

the degree of its impact on the settlements and other economic objects of the local ecionomy, the karst hazard is evaluated as non-hazardous and potentially hazardous. The map of the karst of the Geopark at a scale of 1:500,000 is presented, which reflects the types of karst and its most typical surface and underground forms.

Keywords: “Yangan-Tau” Geopark, Ufa Plateau, Ai River Plain, carbonate karst, clastokarst

Acknowledgements: the work was carried out within the framework of the State Budget Theme No. 0246-2019-0118. The author thanks Yu. V. Sokolov, G. A. Danukalova, E. M. Osipova and P. G. Polezhankina for the provided photos.

Введение

Глобальный геопарк ЮНЕСКО «Янган-Тау» расположен на северо-востоке Республики Башкортостан (РБ) и находится в границах Салаватсткого муниципального района РБ. Площадь геопарка — 1774 км^2, что составляет 81.3% от площади района.

На 209-й сессии Исполнительного совета ЮНЕСКО 07.07.2020 геопарк «Янган-Тау» был включен в список Глобальных геопарков ЮНЕСКО и стал первым в России геопарком, получившим международный статус.

На территории геопарка «Янган-Тау» расположены геологические объекты международного и регионального значения: геологические разрезы Мечетлино, Большая Лука, Лаклы, находятся уникальные памятники природы — минеральные источники Кургазак и Куселяровские, редкие спелеологические объекты — археологический памятник федерального значения — пещера Идрисовская, республиканские геологические памятники природы — пещера Лаклинская и карстовый мост Каменные ворота.

Актуальность исследований. Более половины территории геопарка (~62%) сложено карстуюшимися породами, обусловливающими формирование разнообразных и редко встречающихся на Урале и в Предуралье карстовых форм. Между тем карст геопарка в сравнении с другими карстовыми районами Южного Урала и Предуралья изучен далеко не в полной мере.

Целью исследований является характеристика карста геопарка «Янган-Тау», установление основных геолого-геоморфологических закономерностей формирования его форм и составление сводной карты карста территории геопарка масштаба 1:500000, которая ранее отсутствовала.

Исходными данными для исследований послужили материалы государственной гидрогеологической съемки масштаба 1:200000: А. М. Шевченко, В. В. Сапожникова 1969 г. (N-40-IV), А. Г. Муртазина, Т. Ф. Чайко, 1973 г. (N-40-V), Н. Д. Фещенко, Е. Л. Фещенко, 1976 г. (N-40-XI), съемки проявлений экзогенных геологических процессов этого же масштаба: А. И. Смирнов, Д. Г. Нагуманов, В. Ф. Ткачев, 1989 г.; А. И. Смирнов 1994 г., а также результаты исследований карста 2016–2020 гг. [Смирнов, Соколов, 2016; Смирнов, Абдрахманов, 2018; Смирнов, Бакиева, 2020].

1. Геолого-геоморфологические условия территории геопарка

1.1. Рельеф

Рельеф территории геопарка весьма разнообразен и на всем протяжении неоген-четвертичного времени (последние 23 млн лет) формировался

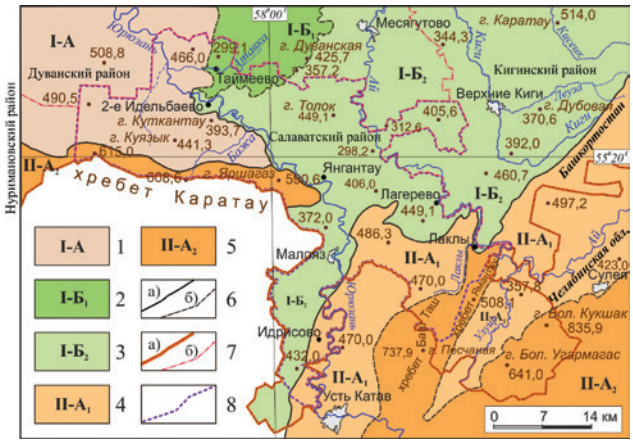


Рис. 1. Орографические области геопарка «Янган-Тау» и прилегающих к нему территорий

Южное Предуралье (I): 1 — Уфимское плато; Приайская равнина: 2 — пологоволнистая и 3 — холмисто-увалистая равнина. **Южный Урал (II):** 4 — предгорье и межгорье западного склона, 5 — низкогорные хребты западного склона. **Границы:** 6 — орографических областей (а) и орографических районов (б), 7 — Республики Башкортостан и Челябинской области (а), муниципальных районов РБ (б), 8 — геопарка «Янган-Тау».

Fig. 1. Orographic areas of the “Yangan-Tau” Geopark and adjacent areas

Southern Gis-Urals (I): 1 — Ufa Plateau; Ai River Plain: 2 — gently wavy plain and 3 — elongated hilly plain. **Southern Urals (II):** 4 — foothills and intermountains of the western slope, 5 — low mountain ridges of the western slope. **Boundaries:** 6 — orographic regions (a) and orographic districts (б), 7 — the Republic of Bashkortostan and the Chelyabinsk region (a), municipal districts of the Bashkortostan Republic (б); 8 — the geopark “Yangan-Tau”.

на фоне то ослабевающих, то усиливающихся поднятий [Рождественский, 1971]. На западе он представлен Уфимским плато, в центральной части — Приайской (Юрюзано-Айской) равниной, на юге и востоке — предгорьями и низкогорьем западного склона Южного Урала (рис. 1).

Уфимское плато на юге ограничивается хребтом Каратау, на востоке обрывается уступом высотой до 120 м к Приайской равнине, а на западе и севере уходит за пределы геопарка. Поверхность плато сильно расчленена узкими крутосклонными и глубоко (до 200 м) врезанными логами и водотоками. Абсолютные отметки водоразделов на плато снижаются с 490–500 м в западной части геопарка до 300 м на восточной его окраине.

Приайская (Юрюзано-Айская) равнина, как и Уфимское плато, протягивается далеко на север за границы Республики Башкортостан и оканчивается на территории Пермского края на широте г. Красноуфимска. По характеру рельефа она подразделяется на пологоволнистую и холмисто-увалистую части. Первая — сформирована вдоль Уфимского плато с преобладающими абсолютными отметками водоразделов 300–350 м. Вторая — располагается к юго-востоку от первой и ограничена от нее Айским уступом, высотой у северной границы геопарка до 65 м. Абсолютные отметки вершин холмов и увалов, простирающихся в субмеридиональном направлении, достигают 450–500 м, а глубина вреза речной сети составляет 160–200 м.

Западные предгорья и низкогорье Южного Урала занимают крайнюю юго-восточную часть геопарка. Низкогорные хребты простираются в северо-восточном направлении, а на хребте Башташ расположена самая высокая абсолютная отметка геопарка — 773.0 м.

1.2. Генетические типы рельефа

Современный рельеф территории геопарка является результатом длительной денудации, характер проявления которой тесно связан с составом пород и геологической структурой, и только в незначительной степени — результатом аккумуляции. На его территории можно выделить (по А. И. Смирнову [2005]) следующие генетические типы рельефа: денудационный, структурно-денудационный, денудационный литоморфный и эрозионно-аккумулятивный.

Денудационным (аструктурным) считается рельеф, который сформировался в результате действия процессов денудации и форма которого не зависит от геологической структуры. Для структурно-денудационного рельефа характерно соответствие его общей геологической структуре и большей части мелких структур. К денудационному литоморфному относится рельеф, возникший в результате селективной (избирательной) денудации. Различная устойчивость пород к выветриванию определяет форму и распределение орографических единиц независимо от структур местности. Эрозионно-аккумулятивный рельеф обусловлен действием эрозии в совокупности с аккумуляцией.

Денудационный тип рельефа сформирован на Уфимском плато, где неравномерно погружающиеся на запад-северо-запад карбонатные породы срезаны под общий уровень, что признается всеми исследователями региона. Поверхность плато также полого наклонена в этом направлении, но четкой выраженности структурных форм в рельефе не наблюдается. Узкие днища, крутые склоны долин и суходолов обусловлены хорошей устойчивостью карбонатных пород к процессам выветривания, а также отсутствием поверхностного стока из-за широко развитого на плато карстового процесса.

Денудационный тип рельеф характерен также и для пологоволнистой Приайской равнины в северо-западной части геопарка. Выположенная ее поверхность вдоль Уфимского плато обусловлена залегающими с поверхности малоустойчивыми к процессам выветривания мягкими терригенными породами кошелевской свиты и мергелями верхнелемазинской подсвиты кунгурского яруса. Долины рек здесь выражены слабо, с весьма пологими склонами. Восточнее, где на поверхность выведены брекчиевидные известняки нижнелемазинской подсвиты, долины рек узкие, с крутыми склонами.

Пологоволнистая часть Приайской равнины отделяется от остальной холмисто-увалистой ее части обращенным на восток Айским уступом, который сформирован по стратиграфо-литологическому контакту лемазинской, устьикинской и сабанаковской свит кунгура. Верхняя и средняя части уступа сложены крепкими брекчиевидными известняками нижнелемазинской подсвиты, а нижняя его часть и полоса вдоль подножия уступа — менее устойчивыми к процессам денудации мергелями устьикинской свиты и загипсованными песчаниками сабанаковской свиты. То есть по генезису Айский уступ является денудационным литоморфным.

Денудационный литоморфный тип рельефа на небольших участках сформирован и к юго-востоку от Айского уступа. Однако в целом генетический тип рельефа холмисто-увалистой Приайской равнины, а также предгорий и низкогорья Южного Урала — структурно-денудационный. Субмеридиональные увалы, гряды и низкогорные хребты на территории геопарка имеют в своем основании линейно вытянутые антиклинальные складки, а межгрядовые понижения соответствуют синклиналям. Реки Ай и Юрюзань пересекают эти структуры вкрест простирания на участках с наибольшей дислоцированностью пород.

Эрозионно-аккумулятивный тип рельефа рассматриваемой территории распространен ограниченно. Наибольшие его площади сформированы в плоских днищах долин рек Ай и Юрюзань в центральной части геопарка, в которых выделяются пойма и две аккумулятивные надпойменные террасы. Пойма шириной до 50 м развита по всем рекам и имеет высоту над урезом воды 1–1.5 м. Первая надпойменная терраса шириной до 3.5 км плоская, с превышением над поймой 1.5–2.0 м. Вторая надпойменная терраса шириной до 0.3 км редко образует уступ над поверхностью первой (до 2 м) и чаще имеет с ней единую поверхность. Более высокие эрозионные надпойменные террасы распространены в основном к северу от территории геопарка, а в его пределах развиты фрагментарно.

1.3. Геологическое строение территории геопарка

Геологическое строение территории геопарка достаточно подробно освещено в публикациях последних лет (например, [Фархутдинов и др., 2018; Акбашев и др., 2018]). Для характеристики карста на территории геопарка следует лишь повторить, что геопарк “Янган-Тау” расположен на площади сочленения трех крупных структурных элементов земной коры: восточного края Восточно-Европейской платформы, Предуральского прогиба и западного склона Уральского горного сооружения. В геологическом строении перечисленных структур принимают участие горные породы с большим с возрастным диапазоном — от рифея до квартера.

Карстующиеся породы на платформе представлены карбонатными породами ассельского, сакмарского и артинского ярусов нижнего отдела пермской системы. В прогибе — известняками и мергелями, а также терригенными гипсоносными (с прослоями, линзами и гнездами гипса) породами кунгурского яруса нижней перми. В Западно-Уральской внешней зоне складчатости — известняками и доломитами верхнего рифея, девона и карбона.

2. Положение геопарка на карте карста Южного Урала и Предуралья

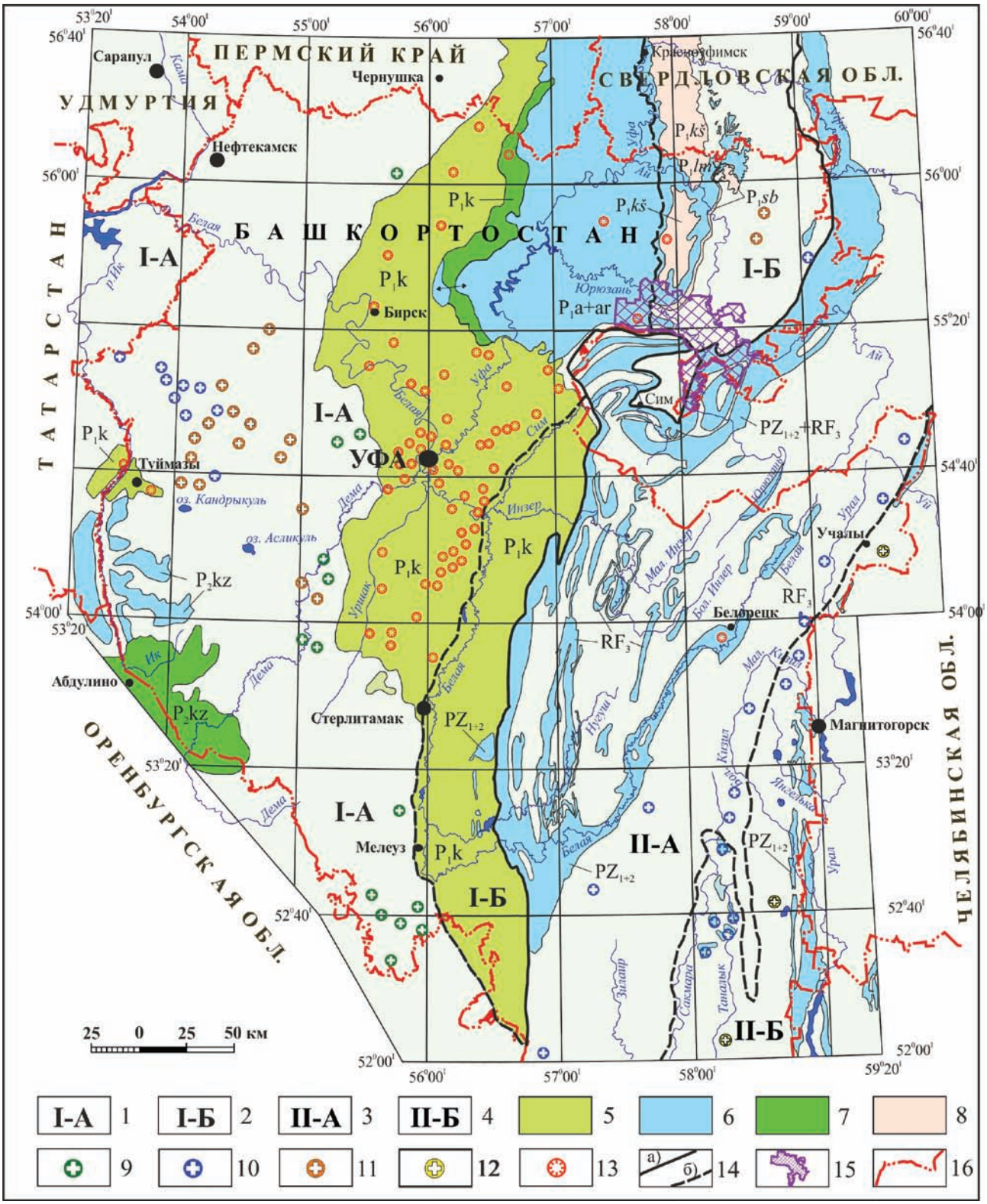
Территория геопарка расположена в пределах двух карстовых стран (рис. 2) — карстовой страны Восточно-Европейской равнины (западная часть геопарка) и Уральской карстовой страны (юго-восточная часть геопарка). В пределах первой развит равнинный карст в горизонтально- и пологозалегающих породах Предуралья (восточная окраина Русской платформы и Предуральского прогиба). В пределах второй — предгорный карст в слабо дислоцированных породах Предуралья и горный карст в сильно дислоцированных образованиях Урала (Западно-Уральская внешняя зона складчатости).

Рис. 2. Территория геопарка «Янган-Тау» в общей схеме типизации карста Южного Урала и Предуралья ([Смирнов, 2020] по [Мартин, 1972, 2002б])

Карстовая страна Восточно-Европейской равнины (I): 1 — (I-А) равнинный карст в горизонтально- и пологозалегающих породах Предуралья; 2 — (I-Б) равнинный и предгорный карст Предуралья в пологозалегающих и слабо дислоцированных породах. **Уральская карстовая страна (II):** 3 — (II-А) горный и предгорный карст в дислоцированных и сильно дислоцированных образованиях Урала; 4 — (II-Б) равнинный карст в складчато-глыбовых отложениях Зауралья. **Типы карста:** 5 — сульфатный, 6 — карбонатный, 7 — сульфатно-карбонатный, 8 — кластокарст, **Локальные проявления карста:** 9 — сульфатного, 10 — карбонатного, 11 — кластокарста, 12 — сульфидного [Смирнов, 2019]. 13 — крупные карстовые провалы с фиксированным временем образования. **Границы:** 14 а) — карстовых стран, б) — типов карста по характеру рельефа и условиям залегания горных пород, 15 — геопарка «Янган-Тау», 16 — субъектов Российской Федерации.

Fig. 2. The territory of “Yangan-Tau” geopark in the general scheme of karst typification of the Southern Urals and Pre-Urals ([Smirnov, 2020] according to [Martin, 1972, 2002б])

East European Plain karst area (I): 1 — karst of plains in horizontally and the slightly inclinated rocks of the Cis-Urals; 2 — karst of plains and foothills of the Cis-Urals in the slightly inclinated and slightly dislocated rocks. **Ural karst area (II):** 3 — mountain and foothill karst in dislocated and highly dislocated formations of the Urals; 4 — karst of plains in folded-block deposits of the Trans-Urals region. Types of karst: 5 — sulphate, 6 — carbonate, 7 — sulfate-carbonate, 8 — clast-karst; Local manifestations of karst: 9 — sulfate, 10 — carbonate, 11 — clast-karst, 12 — sulfide [Smirnov, 2019]. 13 — large karst sinkholes with a fixed formation time. Boundaries: 14 a) — karst countries, b) — types of karsts by the nature of the relief and bedding conditions of rocks, 15 — “Yangan-Tau” geopark, 16 — constituent entities of the Russian Federation.


ПЕРМСКИЙ КРАЙ
УДМУРТИЯ
СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ.
БАШКОРТОСТАН
ТАТАРСТАН
ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛ.
ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ.
Сарапул
Чернушка
Краснотурьинск
Нефтекамск
Бирск
Туймазы
УФА
Сим
Учалы
Белорецк
Абдулино
Стерлитамак
Магнитогорск
Мелеуз
I-А
I-Б
II-А
II-Б
25 0 25 50 км

На Уфимском плато карст связан в основном с сакмаро-артинскими известняками и доломитами нижней перми, на Урале — с карбонатами ранне- и среднепалеозойского, а также позднерифейского возраста. На Приайской равнине, наряду с карбонатным карстом в кунгурских известняках, доломитах и мергелях, в терригенных гипсоносных породах развит также кластокарст.

Если карбонатный карст является традиционным типом карста и широко распространен на Южном Урале и в Предуралье, то кластокарст — специфичным и развит в регионе ограниченно.

Термин кластокарст введен в научную литературу Г. А. Максимовичем [1963] для обозначения явления химического и механического воздействия (растворение и суффозия) подземных вод на осадочные породы (глины, суглинки, лессы, песчаники, конгломераты с растворимым цементом).

На территории геопарка «Янган-Тау» кластокарст наибольшее распространение получил в северо-западной части Приайской равнины и связан с гипсоносными и сильно карбонатизированными терригенными породами кунгурского яруса. Сульфат и карбонат кальция в них, вместе с глинистым цементирующим материалом, присутствует в виде цемента. Кроме того, кунгурские песчаники, алевролиты и аргиллиты содержат тонкие прослои, гнезда и линзы гипса мощностью до 5 м. То есть кластокарст представляет собой смешанный карбонатно-сульфатный (сульфатный и карбонатный) карст при преобладающей роли сульфатного карста. При этом наиболее интенсивно он развит в гипсоносных песчаниках, обладающих хорошей водопроводимостью, в которых к карстовому процессу присоединяется и суффозия.

Максимальное распространение проявлений кластокарста наблюдается севернее геопарка «Янган-Тау», в 2–4 км юго-восточнее с. Дуван, где они представлены преимущественно воронками, реже провалами. Диаметр их обычно составляет 5–30, реже 50 м, глубина — от 2–5 до 15 м (рис. 3), а плотность достигает 94 штук на 1 км^2 [Смирнов, Абдрахманов, 2018].

3. Результаты исследований

3.1. Карст геопарка «Янган-Тау»

3.1.1. Карстовая страна Восточно-Европейской равнины

Типы карста по составу карстующихся пород и наиболее типичные карстовые формы, которые чрезвычайно разнообразны по размерам, времени и условиям образования, представлены на рис. 4 (фрагмент рабочей карты карста РБ, Смирнов, 2021 г.).

Карбонатный карст Уфимского плато связан с известняками и доломитами нижнего отдела пермской системы. Формы его проявления и закономерности их распространения освещены в многочисленных работах, из которых особо значимыми являются обобщающие работы А. В. Турышева [1967], В. И. Мартина [1972] и А. М. Шевченко [1973], а также Д. С. Соколова [1962]. В настоящее время достоверно установлено, что степень закарстованности нижнепермских карбонатов на плато находится в прямой зависимости от чистоты их состава.

Наибольшей закарстованностью на территории геопарка обладают рифогенные и орга-

Рис. 3. Поле кластокарстовых воронок на южной окраине с. Улькунды (Дуванский район РБ). *Фото Ю. Соколова, 2021 г.*

Fig. 3. A field of clastokarst sinkholes on the southern outskirts of Ulkundy village (Duvansky districts of the RB). *Photo by Yu. Sokolov, 2021.*

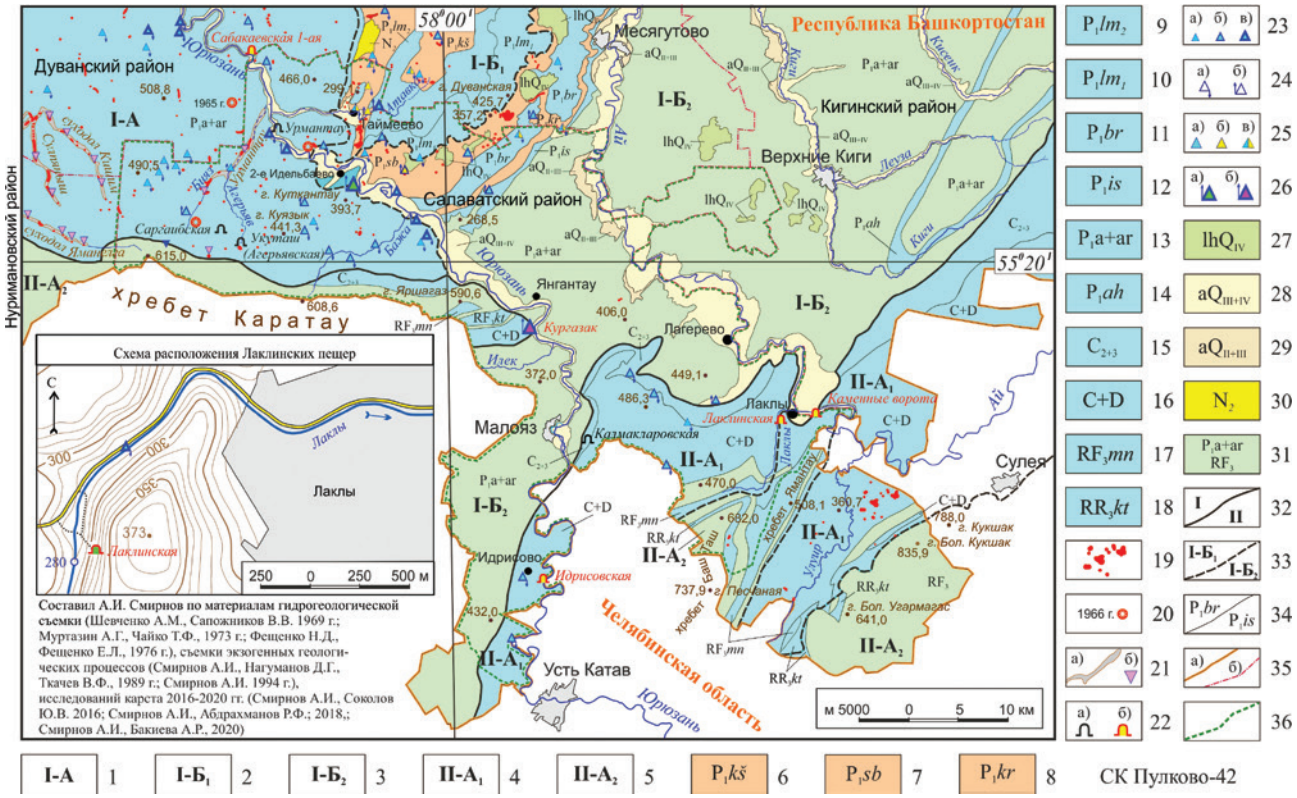


Рис. 4. Карта карста территории геопарка «Янган-Тау»

Условные обозначения к рис. 4. **Карстовая страна Восточно-Европейской равнины (I):** 1 — равнинный карст Уфимского плато в пологозалегающих породах; 2 — равнинный карст пологоволнистой части Приайской (Юрюзано-Айской) равнины в пологозалегающих породах; 3 — предгорный карст холмисто-увалистой части Приайской (Юрюзано-Айской) равнины в слабо дислоцированных породах. **Уральская карстовая страна (II):** 4 — предгорный и межгорный карст западного склона Урала в дислоцированных породах; 5 — низкогорный карст западного склона Урала в сильно дислоцированных породах. **Типы карста по составу карстующихся пород:** 6–8 — кластокарст в терригенных карбонатизированных и гипсоносных (с прослоями и гнездами гипса) породах кунгурского яруса нижней перми: 6 — кошелевской; 7 — сабанаковской; 8 — каранаевской свит; 9–18 — карбонатный карст в породах кунгурского яруса нижней перми: 9 — верхнелемазинской (известняки и мергели) и 10 — нижнелемазинской (известняки брекчиевидные) подсвит; 11 — буранчинской и 12 — исмагиловской (известняки афанитовые) свит; 13 — артинского, сакмарского и ассельского ярусов (известняки пелитоморфные, органогенные, органогенно-обломочные) нижней перми; 14 — ахуновской свиты (известняки и мергели) ассельского яруса нижней перми; 15 — среднего и верхнего карбона (известняки); 16 — карбона и девона (известняки, доломиты); 17 — миньярской и 18 — катавской (известняки и доломиты) свит верхнего рифея. **Карстопроявления:** 19 — карстовые поля и отдельные карстовые воронки; 20 — свежие карстовые провалы (при наличии достоверных данных рядом показан год образования); 21 — суходолы (а), поноры (б); 22 — карстовые пещеры протяженностью более 100 м (а), карстовые пещеры — памятники природы (б); 23 — карстовые родники (выходы подземных вод только из карстующихся пород): по дебиту — менее 1 дм^3 / с (а), 1–10 дм^3 / с (б), более 10 дм^3 / с (в); 24 — по характеру выхода (связи с безнапорными и напорными водами) — нисходящие (а), восходящие (б); 25 — по химическому составу — с преобладанием гидрокарбонатного аниона (а), с преобладанием сульфатного аниона (б), смешанного двухкомпонентного состава (в); 26 — минеральные источники — памятники природы: Куселяровские сернистые источники (а), источник Кургазак (б). **Некарстующиеся породы:** 27 — озерно-болотные голоценовые отложения; 28 — аллювиальные голоценовые и верхнеплейстоценовые отложения поймы и первой надпойменной террасы долин рек; 29 — аллювиальные верхне- и среднеплейстоценовые отложения второй надпойменной террасы долин рек; 30 — морские преимущественно глинистые отложения плиоцена; 31 — терригенные и метаморфические породы ассельского, сакмарского и артинского яруса нижней перми (P1a+ar) и верхнего рифея (RF3). Границы: 32 — карстовых стран; 33 — типов карста по характеру рельефа и условиям залегания горных пород; 34 — стратиграфических подразделений; 35 — Республики Башкортостан и Челябинской области (а), муниципальных районов РБ (б); 36 — геопарка «Янган-Тау».

Fig. 4. A map of karst of the geopark “Yangan-Tau” territory

Legend to fig. 4: East European Plain Karst area (I): 1 — plain karst of the Ufa Plateau in slightly inclinated rocks; 2 — plain karst of the gently-wavy part of the Ai (Yuryuzan-Ai) River Plain in slightly inclinated rocks; 3 — karst of foothills of the elongated-hilly part the Urals karst area (II): 4 — foothill and intermountain karst of the western slope of the Urals in dislocated rocks; 5 — low-mountain karst of the western slope of the Urals in heavily dislocated rocks. Karst types according to the composition of karsting rocks: 6–8 — klastokarst in terrigenous carbonate and gypsum-bearing (with interlayers and nests of gypsum) rocks of the Kungurian Stage of the Lower Permian: 6 — Koshelevskaya Formation; 7 — Sabanakovskaya Formation; 8 — Karanaevskaya Formation; 9–18 — carbonate karst in the rocks of the Kungurian Stage of the Lower Permian: 9 — Upper Lemazinskaya Subformation (limestones and marls) and 10 — Lower Lemazinskaya Subformation (breccia-like limestones); 11 — Buranchinskaya Formation and 12 — Ismagilovskaya Formation (aphanite limestones); 13 — Artinskian, Sakmarian and Asselian Stages (pelitomorphic limestones, organogenic, and organogenic-detritic) of the

ногенно-обломочные известняки урмантауской свиты ассельского яруса, юрюзанской свиты сакмарского яруса и средней толщи иргинской свиты нижнеартинского подьяруса нижней перми. У хребта Каратау нижнепермские карстующиеся породы слагают Урмантаускую субмеридионально вытянутую положительную структуру, сформированную по оси плакантиклинали Уфимского плато.

По степени перекрытости карстующихся пород некарстующимися на склонах долин рек и водораздельных пространствах развит открытый (голый) и прикрытый карст. Мощность покрывающих карстующиеся породы суглинисто-щебнистых отложений не превышает 5 м. В узком днище долины р. Юрюзань под аллювиальными образованиями поймы и первой надпойменной террасы развит перекрытый тип карста.

Поверхностные проявления карста в этой части геопарка представлены карстовыми воронками и современными провалами, понорами, родниками, а также суходолами.

На водораздельных пространствах по лево- и правобережью р. Юрюзань карстовые воронки распространены в верховьях логов, где они выстраиваются цепочками по их днищам. Такое распространение воронок обусловлено ходом развития экзогенной геодинамики в плиоцен-четвертичное время при доминирующей роли эрозионных процессов [Смирнов, Бакиева, 2020]. Наибольшая их встречаемость наблюдается вблизи хребта Каратау и уменьшается в северном направлении. Карстовые воронки в большинстве своем округлые чаше- и конусообразные. Диаметр их от 2.0 до 50.0 м, глубина от 1.0 до 10.0 м. Нередки слившиеся (со смежными бортами) воронки, а на дне воронок часты поноры и молодые карстовые провалы.

Наиболее примечательными формами карста на Уфимском плато являются суходолы. Самым известным из них является суходол Яман-Елга, который является и самым длинным в Южном Предуралье. Поверхностный сток р. Яман-Елга имеется лишь в самом ее верховье, вблизи хребта Кара-Тау. У западной границы геопарка река поглощается понорами и поверхностный сток в русле реки вновь появляется только через 40 км, в 16 км от впадения ее в р. Уфу. На территории геопарка «Янган-Тау» подобным суходолом, но значительно меньшей протяженности, является суходол Урмантау, который начинается в верховье р. Бияз и открывается справа в долину р. Юрюзань (см. рис. 4). Он имеет каньонообразный поперечный профиль. Узкое днище суходола шириной (на большем его протяжении) всего 150–300 м врезано по отношению к поверхности плато до 150 м.

Крутые (до 40°) склоны и плоское днище суходола в верховье сложены кристаллическими известняками урмантауской свиты ассельского яруса, а в средней и устьевой частях — органогенно-обломочными известняками юрюзанской свиты сакмарского яруса.

Склоны суходола Урмантау из-за их значительной крутизны лишены поверхностных карстопроявлений, а днище его, наоборот, интенсивно поражено карстовыми воронками. Плотность их на 1 км^2 изменяется от 100 до 460.

Днище долины р. Юрюзань на Уфимском плато, с перекрытым типом карста, в границах геопарка практически лишено поверхностных карстопроявлений. Обусловлено это, по-видимому, доминирующей над карстом ролью развития глубинной эрозии р. Юрюзань, пересекающей осевую часть плакантиклинали плато. То есть эрозионный процесс, обладающий большей разрушающей способностью (как механический размыв, так и растворение), заметно опережает развитие карстового процесса и в днище долины р. Юрюзань карстовые формы рельефа не успевают развиться в достаточной степени [Смирнов, Бакиева, 2020],

Lower Permian; 14 — Akhunovo Formation (limestones and marls) of the Asselian Stage of the Lower Permian; 15 — Middle and Upper Carboniferous (limestone); 16 — Carboniferous and Devonian (limestone, dolomites); 17 — Miniyar Formation Suite и 18 — Katav Formation (limestones and dolomites) of the Upper Riphean. Karst manifestations: 19 — karst fields and individual karst funnels; 20 — fresh karst sinkholes (dolins) (with reliable data, the year of appearance is shown nearby); 21 — dry river beds — sukhodols, blind rivers (a), ponors (б); 22 — karst caves with a length of more than 100 m (a), karst caves natural monuments (б); 23 — karst springs (underground water outlets only from karsting rocks): by flow rate — less than 1 dm^3/s (a), 1–10 dm^3/s (б), more than 10 dm^3/s (в); 24 — by the nature of the output (connection with pressurized and pressure waters) — descending (a), ascending (б); 25 — by chemical composition a) with the predominance of hydrocarbonate anion; 26 — mineral springs which have a status of natural monuments —Kuselyarovo sulphur springs (a), Kurgazak spring (б). Non-karstic rocks: 27 — lacustrine-marshy Holocene deposits; 28 — alluvial Holocene and Upper Pleistocene deposits of the floodplain and the first above-floodplain terraces of the river valleys; 29 — alluvial Upper and Middle Pleistocene deposits of the second above-floodplain terrace of the river valleys; 30 — marine mainly clayer deposits of the Pliocene; 31 — terrigenous and metamorphic rocks of the Asselian, Sakmarian and Artinskian Stages of the Lower Permian (P1a+ar) and Upper Riphean (RF3). Boundaries: 32 — karst areas; 33 — karst types according to the origin of the relief and conditions of the rocks location; 34 — stratigraphic divisions; 35 — Bashkortostan Republic and Chelyabinsk region (a), municipal districts of the Bashkortostan Republic (б); 36 — Geopark “Yangan-Tau”.

а сформированные погребаются аллювиальными наносами.

Пещеры на Уфимском плато относительно редки. На территории геопарка на 01.01.2021 задокументировано три пещеры протяженностью более 100 м (Соколов, 2021 г.).

Две из них находятся у хребта Каратау на водораздельном пространстве, в верховьях междуречья рек Бияз и Аргерьяв — Саргаибская и Агерьявская (Совиный камень) соответственно, третья — Урмантау — в средней части правого склона долины р. Юрюзань (см. рис. 4).

Пещеры Саргаибская (рис. 5) и Агерьявская (рис. 6) сформированы в известняках юрюзанской свиты сакмарского яруса, а пещеры на горе Баганташ в окрестностях д.д. Урмантау и Усть-Атавка — в известняках средней толщи иргинской свиты нижнеартинского подъяруса. Входы их располагаются на разных абсолютных отметках: 395, 358 и 274 м соответственно. Протяженность их также различна: 102, 181 и 621 м (Соколов, 2021 г.), но удельный объем пещер практически одинаков (6.0–6.1 м^3/м), что свидетельствует об однородной закарстованности известняков юрюзанской и иргинской (средней ее толщи) свит, а также и о равной продолжительности формирования пещер.

Карстовые родники в юго-восточной части Уфимского плато в границах геопарка (по А. М. Шевченко [1973]) многочисленны и очень разнообразны по дебиту, характеру выхода и приуроченности к элементам рельефа. Главной их особенностью является очень неравномерная водообильность по сезонам года. Между тем по химическому составу в большинстве своем они однотипны и являются гидрокарбонатными кальциевыми с минерализацией 0.1–0.2 г/дм^3. Весной, при максимальных дебитах, вода в родниках из-за хорошей их связи с областью питания временно мутнеет.

По левобережью р. Юрюзань родники выходят в дренирующих водораздельные пространства логах. Приурочены они к средней толще иргинской свиты и являются подвешенными, с превышением над днищем суходола Урмантау 10–35 м. Водоупором служат глинистые известняки и битуминозные мергели, залегающие в кровле нижней толщи иргинской свиты. В верховьях логов, где водоупорные мергели вскрываются в их днищах или в нижних частях склонов, выходы подземных вод расположены в их подножьях. Дебиты подвешенных, обычно сосредоточенных родников редко превышают 1 дм^3/с.

Рис. 5. Пещера Агерьявская (Совиный камень). *Фото Е. М. Осиповой, 2021 г.*

Fig. 5. Agerjyav Cave (Sovinyi Kamen). *Photo by E. M. Osipova, 2021*

Рис. 6. Пещера Саргаибская. *Фото П. Г. Полежанкиной, 2021 г.*

Fig. 6. Sargaib Cave. *Photo by P. G. Polezhankina, 2021*

По суходолу Урмантау, в долине р. Юрюзань и в логах по ее правобережью карстовые родники более высокодебитные — до 350 дм^3/с. Приурочены они к известнякам юрюзанской свиты. В основном они нисходящие, но встречаются и восходящие. Главной их особенностью является часто рассредоточенный пластовый выход на поверхность. Длина рассредоточения выходов подземных вод на поверхность изменяется от 10–50 до 550 м.

Следует особо отметить, что на юго-восточной окраине Уфимского плато в границах геопарка к карстующимся карбонатам приурочены Куселяровские минеральные источники и родник Кургазак, описанные еще более полувека тому назад Г. В. Вахрушевым [1961], а позже

В. Ф. Ткачевым [1972]. Публикации последних лет не содержат новых данных по генезису этих родников [Абдрахманов, 2007а, б, 2018 и др.].

Куселяровские минеральные источники расположены вдоль левого берега р. Юрюзань от д. Куселярово вниз по реке на протяжении 3.5 км. Вода из источников выходит на поверхность в виде сильных струй из трещин битуминозных известняков янгантауской свиты нижнеартинского подъяруса и в виде грифонов из аллювиальных отложений на низкой и высокой пойме. Дебиты отдельных выходов колеблются от сотых долей до 18 дм^3/с. Воды большинства родников имеют запах сероводорода и температуру 15–21°С. Самым известным из Куселяровских источников является родник «Кислый», расположенный около с. Куселярово на левобережной высокой пойме. Дебит его достигает 10–12 дм^3/с, а температура воды 20–21°С, химический состав гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный магниево-натриево-кальциевый с минерализацией воды 0.6–0.9 г/дм^3.

Широко известный родник Кургазак (рис. 7) находится в подножье левого склона долины р. Юрюзань (в окрестностях д. Комсомол) и выходит из известняков нижнего карбона с дебитом в летнее время около 120 дм^3/с. Вода в роднике имеет постоянную повышенную температуру 15–16°С (при норме 7°С). Состав ее гидрокарбонатный магниево-кальциевый с минерализацией 0.5 г/дм^3, с содержанием гелия и радона. Г. В. Вахрушев [1961] родник «Кургазак» считал сифонным, подземные воды к которому поступают со стороны Каратауского антиклинория и приобретают высокую температуру в известняках нижнего карбона на глубине 600–700 м, не повышая минерализацию из-за большой скорости движения вод в закарстованных породах.

Рис. 7. Родник Кургазак. *Фото Г. А. Данукаловой, 2021 г.*

Fig. 7. Kurgazak spring. *Photo by G. A. Danukalova, 2021*

Карбонатный карст Приайской равнины развит ограниченно на северо-западной окраине геопарка в пределах пологоволнистой ее части между восточным склоном Уфимского плато и Айским уступом, а также к востоку от него на Юрюзано-Айском междуречье. К западу от Айского уступа он связан с известняками и мергелями верхнелемазинской подсвиты и брекчиевидными кавернозными известняками нижнелемазинской подсвиты, к востоку — с афанитовыми известняками буранчинской и исмагиловской свит (см. рис. 4).

Поверхностные проявления карста в рассматриваемой части геопарка крайне редки, так как мягкие и глинистые (на западе) и, наоборот, очень крепкие и плотные (на востоке) карбонатные толщи не способствуют их формированию. Поперечник одиночных и единичных воронок глубиной 1.5–5.0 м обычно составляет 5–10 м и редко достигает 30 м, при встречаемости одной воронки на 2–3 км^2 площади.

Карстовые пещеры в нижнепермских карбонатах Приайской равнины на территории геопарка в настоящее время не известны. Небольшие пещеры зафиксированы в Айском уступе севернее геопарка. Самая крупная из них, протяженностью всего 12 м при ширине и высоте горизонтального пещерного хода не более 1.0 м, находится в подножье левого склона р. Ай, на северо-восточной окраине с. Алегазово (Смирнов, 1989 г.).

Карстовые родники редки и маловодны, дебиты их не превышают 10 дм^3/с, а состав вод типичный для районов развития карбонатного карста — гидрокарбонатный кальциевый.

Кластокарст Приайской равнины распространен к востоку от Уфимского плато в тех же районах, что и карст в кунгурских карбонатах (см. рис. 4). В пологоволнистой части равнины он развит в терригенных карбонатизированных и загипсованных отложениях кошелевской свиты, в холмисто-увалистой — в гипсоносных породах сабанаковской и каранаевской свит кунгура.

Поверхностные проявления кластокарста распространены неравномерно. Встречаемость их находится в прямой зависимости от степени загипсованности пород.

В границах геопарка наибольшее распространение поверхностные проявления кластокарста получили в кошелевских гипсоносных песчаниках на Юрюзано-Атавском междуречье, сформированном по сводовой части Таймеевской антиклинали. Карстовые воронки большей частью округлые, диаметром 5–50 м, глубиной

Рис. 8. Кластокарстовые воронки на Юрюзано-Атавском междуречье. *Фото Ю. Соколова, 2021 г.*

Fig. 8. Klastokarst funnels on the Yuryuzan-Atavka interfluve. *Photo by Yu. Sokolov, 2021*

3–10 м, чаше- и конусообразные (рис. 8). Очень часто они образуют карстовые поля, на которых плотность воронок на 1 км^2 колеблется от 50–100 до 250 штук. Часть воронок — с понорами и обнажениями гипсов. К северу от с. Таймеево встречаемость воронок уменьшается и карстовых полей они не образуют.

В границах выхода на поверхность сабанаковской свиты кластокарст связан также с загипсованными песчаниками, но гипсоностность их крайне неравномерна, поэтому поверхностные проявления кластокарста сформированы только на отдельных локальных участках. В границах геопарка воронки небольших размеров (поперечником до 25 м) обычно встречаются одиночно на всех элементах рельефа. Карстовые поля наблюдаются у северо-западной границы геопарка, в их пределах плотность воронок в пересчете на 1 км^2 достигает 110 шт. Часты слившиеся (со смежными бортами) воронки, образующие котловины поперечником до 120 м. В связи с этим следует отметить, что на территории геопарка в подножье Айского уступа расположены западины, выполненные голоценовыми озерно-болотными отложениями. Вероятно, они представляют собой погребенные карстовые поля, связанные с кластокарстом в сабанаковских гипсоносных песчаниках.

На площадях развития каранаевской свиты, разрез которой на территории геопарка представлен песчаниками, алевролитами, аргиллитами с маломощными и редкими линзами и прослойками гипса, встречаемость кластокарстовых воронок крайне низкая.

Пещеры в районах развития кластокарста на территории геопарка отсутствуют.

Карстовые родники встречаются редко, их дебит обычно составляет менее 1 дм^3/с и очень редко достигает 10 дм^3/с. Состав вод гидрокарбонатный кальциевый с минерализацией 0.3–0.4 г/дм^3 и сульфатный кальциевый с минерализацией 1.1–1.9 г/дм^3, а нередко и смешанный двухкомпонентный.

3.1.2. Уральская карстовая страна

На территории геопарка «Янган-Тау» развит предгорный и межгорный карст западного склона Урала в дислоцированных породах, а также низкогорный карст западного склона Урала в сильно дислоцированных породах. Он связан преимущественно с карбонатными толщами карбона и девона и — в меньшей степени — с известняками и доломитами миньярской и катавской свит верхнего рифея. Распространен он в основном в крайней юго-восточной части геопарка (см. рис. 4). Степень изученности карста в этой части геопарка, в сравнении с другими его частями, относительно слабая.

Поверхностные проявления карста распространены ограничено. На водораздельных пространствах, как и на Уфимском плато, приурочены к верховьям логов, где на самых высоких гипсометрических уровнях они представлены одиночными округлыми и мелкими воронками диаметром 2–12 м глубиной 0.5–1.5 м. Ниже, в придолинных частях водораздельных пространств появляются воронки овальной формы. Длинные их оси вытянуты по днищам логов до 100 м, с асимметричным поперечным профилем при конусообразной форме. Глубина таких воронок увеличиваются вниз по склону с 2–4 м до 10 м, а на дне нередко имеются поноры.

Крутые склоны долин-дрен, как и их днища, практически лишены поверхностных карстопроявлений. Наибольшая встречаемость последних наблюдается в межхребтовом понижении в бассейне р. Улуиур за пределами геопарка у его юго-восточной границы. Карстовые воронки различных форм и размеров образуют здесь карстовые поля. Плотность воронок на них в пересчете на 1 км^2 колеблется от 60–75 до 100 шт. Здесь же, в ручьях Покровский и Падчина (левые притоки р. Улуир), наблюдаются участки с потерей поверхностного стока в понорах.

Ограниченное распространение поверхностных карстопроявлений в юго-восточной части геопарка обусловлено расчлененностью местности при значительной (более 200 м) мощности зоны интенсивного водообмена, уводящих карстовые воды вглубь карстовых массивов.

Карстовые родники тяготеют к окраинам Уральской карстовой страны (рис. 9). Дебиты их обычно не превышают 10 дм^3/с, но в весенний период могут увеличиваться в 5 и более раз. Состав вод гидрокарбонатный кальциевый с минерализацией 0.2–0.3 г/дм^3.

Пещеры геопарка, хотя и немногочисленны, но весьма примечательны по морфологическим и микроклиматическим показателям, археологическим находкам. Характеристика их заслуживает специальной статьи, поэтому ниже в таблице приводятся лишь краткие сведения о наиболее значимых карстовых пещерах геопарка Уральской карстовой страны.

4. Современная активность развития карста и карстоопасность

Основными показателями активности развития карстового процесса являются коэффициент карстовой денудации (мм, мкм) и частота вновь образующихся провалов (шт./км^2 год). Первый малоприменим на практике, второй — является основным при оценке закарстованности застраиваемых территорий.

Сведения о карстовой денудации, как карбонатного типа карста, так и кластокарста, непосредственно на территории геопарка в настоящее время отсутствуют. К западу от него В. И. Мартиным [2002а] она определена в бассейне р. Яман-Елга и составила 38–45 мкм в год на площади 785 км^2. Этот показатель активности развития карбонатного карста весьма значительный и является одним из самых высоких в Южном Предуралье. Сходные

Рис. 9. Родник Лаклинский у с. Лаклы. *Фото Г. А. Данукаловой, 2019 г.*

Fig. 9. Lakly spring in Lakly village surroundings. *Photo by G. A. Danukalova, 2019*

геолого-гидрогеологические условия в юго-восточной части Уфимского плато позволяют предполагать близкую величину карстовой денудации для карбонатного карста и на территории геопарка.

Более представительным и практически более значимым показателем современной активности развития карста является частота возникновения новых карстовых провалов. Он опосредованно свидетельствует не только о скорости растворения и выщелачивания карстующихся пород, но вбирает в себя и все факторы, способствующие образованию современных карстопроявлений, а активность провалообразования является главным показателем карстоопасности территории.

При гидрогеологической съемке листа N-40-IV А. М. Шевченко (Шевченко, Сапожников, 1969 г.) у северо-западной границы геопарка в верховье лога Кисянгул весной 1965 г. (см. рис. 4) зафиксировано образование провала диаметром 10.0 м и глубиной 8.0 м. Он имел колодцеобразную форму с отвесными бортами, в которых обнажались сильно выветрелые известняки средней толщи иргинской свиты. В загипсованных песчаниках кошелевской свиты севернее геопарка, на территории Дуванского района в окрестностях сс. Улькунды, Митрофановка, Михайловка, с 1952 г. по 2020 г. достоверно зафиксировано 8 крупных (диаметром до 30 м и глубиной до 32 м) и не менее 10 мелких (поперечником до 5 м и глубиной 3 м) провалов с частотой их образования 0.01 шт./км^2 год.

По имеющимся данным [Смирнов, 2020], непосредственно на территории геопарка современные карстовые провалы в последние 100 лет не возникали и карст отрицательного воздействия на социально-экономические объекты не оказывал. То есть в целом карстоопасность геопарка можно оценить как не опасную (на участках отсутствия карстующихся пород) и потенциально опасную (на участках их наличия), поскольку образование провалов на его территории полностью не исключено.

Заключение

Геопрак «Янган-Тау» в силу своего географического положения занимает две крупные карстовые страны на стыке Европы и Азии — равнинного карста Восточно-Европейской равнины и горного карста Урала. Карст распространен почти на 60% его территории и представлен карбонатным типом карста и редко встречающимся в Предуралье кластокарстом. Формы карбонатного карста разнообразны и представлены как типичными (воронками, провалами, пещерами), так и уникальными его проявлениями (суходолами, понорами, высокодебитными пресными и минеральными родниками). Карстовые формы кластокарста относительно однообразны и представлены главным образом воронками. Интенсивность распространения карстопроявлений находится в зависимости от чистоты состава и состояния карстующихся пород, особенностей геолого-геоморфологических и гидрогеологических условий геопарка.

Карст на территории геопарка отрицательного воздействия на его социально-экономические объекты не оказывает. Территория геопарка из-за возможности возникновения на ней карстовых провалов оценена как потенциально опасная.

Наличие на территории геопарка разнообразных карстово-спелеологических объектов обусловливает благоприятные перспективы для организации на них учебных и научных экскурсий, карстологических исследований, а в совокупности с другими уникальными геологическими объектами — и международного сотрудничества.

Таблица. Наиболее значимые спелеологические объекты геопарка «Янган-Тау» в Уральской карстовой стране

Table. The most significant speleological objects of the Yangan-Tau Geopark in the Ural karst country

Наименование	Местонахождение	Положение в рельефе	Вмещающие породы Длина, м	Абс. отм. входа размеры, м
Памятники природы республиканского значения				
Пещера Лаклинская (Таш-Куян)	0,7 км юго-западнее юго-западной окраины д. Лаклы	Средняя часть правого склона долины р. Лаклы	Известняки C_1 v	304
			321	4.2×2.5
Карстовый мост Каменные ворота	1,3 км восточнее восточной окраины с. Лаклы	Верхняя часть левого склона долины р. Ай	Известняки C_1 v	338
			—	4.0×4.2
Памятник археологии федерального значения				
Пещера Идрисовская	1,4 км юго-восточнее д. Идрисово	Верхняя часть левого склона долины р. Юрюзань	Известняки D_3 fr	318
			93	2.4×3.8
Мемориальный комплекс башкирского национального героя Салавата Юлаева				
Пещера Калмакларовская (Убежище Салавата Юлаева)	1,4 км восточнее восточного въезда в д. Калмакларово, слева у дороги Лаклы — Малояз	Северо-западное подножье субмеридионально вытянутого увала по правобережью р. Юрюзань	Известняки C_2 b	350
			54	2.2×1.5

Список литературы:

Абдрахманов Р. Ф. Кургазак // Башкирская энциклопедия. Уфа, 2007а. Т. 3. С. 611–612.

Абдрахманов Р. Ф. Куселяровские сернистые источники // Башкирская энциклопедия. Уфа, 2007б. Т. 3. С. 622.

Абдрахманов Р. Ф. Минеральные источники района курорта «Янган-Тау» // Геологический вестник. 2018. №1. С. 55–65. DOI: 10.31084/2619–0087/2018-1-5.

Акбашев А. Р., Абдрашитов Ф. Р., Ардисламов, Белан Л. Н., Богдан Е. А., Полежанкина П. Г., Фархутдинов И. М., Фархутдинов А. М. Геопарк «Янган-Тау» // Геологический вестник. 2018. №1. С. 3–12. DOI: 10.31084/2619–0087/2018-1-1.

Вахрушев Г. В. Минеральные воды и грязи Башкирии. Уфа: Башкнигоиздат, 1961. 156 с.

Максимович Г. А. Основы карстоведения. Пермь: Кн. изд-во, 1963. Т. 1: Вопросы морфологии карста, спелеологии и гидрогеологии карста. 446 с.

Мартин В. И. Карст // Гидрогеология СССР. М.: Недра, 1972. Т. 15: Башкирская АССР/*Под ред. Е. А. Зуброва*. С. 77–91.

Мартин В. И. Карстовые бассейны Волго-Уральской антеклизы и Предуральского прогиба // *Р. Ф. Абдрахманов, В. И. Мартин, В. Г. Попов, А. П. Рождественский, А. И. Смирнов, А. И. Травкин.* Карст Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2002а. С. 74–109.

Мартин В. И. Типы и районирование карста Башкортостана // *Р. Ф. Абдрахманов, В. И. Мартин, В. Г. Попов, А. П. Рождественский, А. И. Смирнов, А. И. Травкин.* Карст Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2002б. С. 133–176.

Рождественский А. П. Новейшая тектоника и развитие рельефа Южного Приуралья. М.: Наука, 1971. 286 с.

Смирнов А. И. Генетические типы и формы рельефа // Атлас Республики Башкортостан. Уфа, 2005. С. 65.

Смирнов А. И. Равнинный карст Башкирского Зауралья и его практическое значение // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. Уфа: Изд-во Академии наук РБ, 2019. Т. 32. №3 (95). С. 25–33. DOI: 10.244111728–5283/-2019–10303

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

Смирнов А. И., Абдрахманов Р. Ф. Карст Приайской равнины в Южном Предуралье // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Сборник статей 12-й Межрегиональной научно-практической конференции, Уфа, 21–23 мая 2018 г. 2018. С. 406–411.

Смирнов А. И., Бакиева А. Р. Карта карста Уфимского плато (в границах Республики Башкортостан) // Геологический вестник. 2020. №3. С. 123–136. DOI: 10.31084/2619–0087/2020-3-10.

Смирнов А. И., Соколов Ю. В. Карстовые пещеры Южного Урала и Предуралья и их практическое использование // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Сборник статей 11-й Межрегиональной научно-практической конференции. Уфа, 17–19 мая 2016 г. Уфа: ДизайнПресс, 2016. С. 244–246.

Соколов Д. С. Основные условия развития карста. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 322 с.

Ткачев В. Ф. Минеральные воды и лечебные грязи // Гидрогеология СССР. М.: Недра, 1972. Т. 15: Башкирская АССР/*Под ред. Е. А. Зуброва*. С. 218–235.

Турышев А. В. Карст Уфимского плато (гидродинамические и геохимические закономерности развития карста в сульфатных и карбонатных породах): Дис. … канд. геол. — мин. наук. Кунгур, 1967. 400 с.

Фархутдинов И. М., Фархутдинов А. М., Исмагилов Р. А. Геологическое строение геопарка Янган-Тау // Вестник Башкирского университета. 2018. Т. 23, №4. С. 1128–1138.

Шевченко А. М. Подземные воды пермских отложений в южной части Уфимского плато в связи с перспективой использования их для водоснабжения: Дис. … канд. геол.-мин. наук./Казанский гос. ун-т им. В. И. Ульянова-Ленина. Казань, 1973. 216 с.

References:

Abdrahmanov R. F. (2007a) Kurgazak. *Bashkirskaja enciklopedija* [Bashkir encyclopedia]. Ufa, **3**, 611–612. (In Russian).

Abdrahmanov R. F. (2007б) Kuselyarovskie sulfurous springs. *Bashkirskaja enciklopedija* [Bashkir encyclopedia]. Ufa, **3**, 622. (In Russian).

Abdrakhmanov R. F. (2018) Mineral springs of the “Yangan-Tau” resort area. *Geologicheskii vestnik* [Geological Bulletin], (1), 55–65. DOI: 10.31084/2619–0087/2018-1-5. (In Russian).

Akbashev A. R., Abdrashitov R. Kh., Ardislamov F. R., Belan L. N., Bogdan E. A., Polezhankina P. G., Farhutdinov I. M., Farhutdinov A. M. (2018) Geopark “Yangan-Tau”. *Geologicheskii vestnik* — [Geological Bulletin], (1), 3–12. DOI: 10.31084/2619–0087/2018-1-1. (In Russian).

Farhutdinov I. M., Farhutdinov A. M., Ismagilov R. A. (2018) Geological structure of Yangan-Tau Geopark. *Vestnik Bashkirskogo universiteta — Bulletin of the Bashkir University.* **23** (4), 1128–1138. (In Russian).

Maksimovich G. A. (1963) *Osnovy karstovedeniya* [Fundamentals of karst studies]. *Tom 1. Voprosy morfologii karsta, speleologii i gidrogeologii karsta* [Vol. 1. Questions of karst morphology, speleology and hydrogeology of karst]. Perm’, Book publ., 446 p. (In Russian).

Martin V. I. (1972) Karst. *Gidrogeologiya SSSR. Tom 15. Bashkirskaya ASSR* [Hydrogeology of the USSR. Vol. 15. Bashkir ASSR]. Ed. E. A. Zubrov. Moscow, Nedra Publ., 77–91. (In Russian).

Martin V. I. (2002a) Karst basins of the Volga-Ural anteclise and Pre-Uralian trough. In: *R. F. Abdrahmanov, V. I. Martin, V. G. Popov, A. P. Rozhdestvenskii, A. I. Smirnov,*

A. I. Travkin. Karst Bashkortostana [Karst of Bashkortostan]. Ufa, 74–109. (In Russian).

Martin V. I. (2002б) Types and regionalization of the karst of Bashkortostan. In: *R. F. Abdrahmanov, V. I. Martin, V. G. Popov, A. P. Rozhdestvenskii, A. I. Smirnov, A. I. Travkin. Karst Bashkortostana* [Karst of Bashkortostan]. Ufa, 133–176. (In Russian).

Rozhdestvenskii A. P. (1971) *Noveishaya tektonika i razvitie rel'efa Yuzhnogo Priural'ya* [Newest tectonics and development of the relief of the Southern Urals]. Moscow, Nauka Publ., 286 p. (In Russian).

Shevchenko A. M. (1973) *Podzemnye vody permskih otlozhenii v yuzhnoi chasti Ufimskogo plato v svyazi s perspektivoi ispol'zovaniya ih dlya vodosnabzheniya*. Dis. cand. geol.-min. nauk [Groundwaters of Permian deposits in the southern part of the Ufa plateau in connection with the prospect of using their water supply. Cand. geol. and min. sci. diss]. Kazan', University, 216 p. (In Russian).

Smirnov A. I. (2005) Genetic types and landforms. *Atlas Respubliki Bashkortostan* [Atlas of the Republic of Bashkortostan]. Ufa. P. 65. (In Russian).

Smirnov A. I. (2019) Plain Karst of the Bashkir Trans-Urals and Its Practical Significance // *Herald Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan*. Ufa. Vol. 32. № 3 (95). P. 25–33. DOI: 10.244111728–5283/-2019–10303

Smirnov A. I. (2020) Modern karst sinkholes in the Southern Urals and Cis-Urals (within the borders of the Republic of Bashkortostan). *Inzhenernaya geologiya — Engineering Geology*, **15** (4), 42–53, DOI: 10.25296/1993-5056-2020-15-4-42-53. (In Russian).

Smirnov A. I., Abdrahmanov R. F. (2018) Karst Priajskoi ravniny v Juzhnom Predural'e. *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nykh territorii.* Sbornik statei 12-i Mezhregional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Ufa, 21–23 maya 2018 g. [Geology, minerals and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Collection of articles of the 12th Interregional scientific-practical conference, Ufa, May 21–23, 2018]. Ufa, 406–411. (In Russian).

Smirnov A. I., Bakieva A. R. (2020) Karst map of the Ufa plateau (within the borders of the Republic of Bashkortostan). *Geologicheskii vestnik — Geological Bulletin*. (3), 123–136. DOI: 10.31084/2619–0087/2020-3-10 (In Russian).

Smirnov A. I., Sokolov Ju. V. (2016) Karst caves of the Southern Urals and Cis-Urals and their practical use. *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nykh territorii.* Sbornik statei 11-i Mezhregional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Ufa, 17–19 maya 2016 g. [Geology, minerals and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Collection of articles of the 11th Interregional scientific-practical conference. Ufa, May 17–19, 2016]. Ufa: DizainPress Publ., 244–246. (In Russian).

Sokolov D. S. (1962) *Osnovnye usloviya razvitiya karsta* [Main Conditions of Karst Development]. Moscow: Gosgeoltekhizdat Publ., 322 p. (In Russian).

Tkachev V. F. (1972). Mineral waters and therapeutic muds. *Gidrogeologiya SSSR. T. 15. Bashkirskaya ASSR* [Hydrogeology of the USSR. Vol. 15. Bashkir ASSR]. Ed. E. A. Zubrov. Moscow, Nedra Publ., 218–235. (In Russian).

Turyshev A. V. (1967) *Karst Ufimskogo plato (gidrodinamicheskie i geohimicheskie zakonomernosti razvitiya karsta v sul'fatnyh i karbonatnyh porodah).* Dis. cand. geol.-min. nauk [Karst of the Ufa plateau (hydrodynamic and geochemical patterns of the development of karst in sulfate and carbonate rocks). Cand. geol. and min. sci. diss]. Kungur, 400 p. (In Russian).

Vahrushev G. V. (1961) Mineral'nye vody I gryazi Bashkirii [Mineral water and mud of Bashkortostan]. Ufa, Bashknigoizdat Publ., 156 p. (In Russian).

Сведения об авторе:

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

About the author:

Smirnov Alexandr Il'ich, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa, Russia, smalil@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.09.2021; одобрена после рецензирования 20.09.2021; принята к публикации 15.11.2021
The article was submitted 14.09.2021; approved after reviewing 20.09.2021; accepted for publication 15.11.2021