

КАРСТ СТЕРЛИТАМАКСКИХ (БАШКИРСКИХ) ШИХАНОВ И ИХ ОКРЕСТНОСТЕЙ В ЮЖНОМ ПРЕДУРАЛЬЕ

© 2023 г. А. И. Смирнов*

Институт геологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

**E-mail: smalil@mail.ru*

Поступила в редакцию 12.09.2023 г.

После доработки 28.09.2023 г.

Принята к публикации 22.11.2023 г.

Шиханы, или горы-одиночки, — местное название островных гор в равнинных предгорьях Южного Урала. Шиханы представляют собой денудационные останцы, иногда с сохранившимися остатками миоцен-плиоценовой поверхности выравнивания на их вершинах, что позволяет оценивать общее время развития карстовых процессов не менее чем в 5 млн лет. Несмотря на более чем 200-летний период исследований шиханов, карсту и его проявлениям до настоящего времени практически не уделялось внимания. По стандартной методике карстологической съемки составлена карта карста территории шиханов и приведены ее природные условия, определяющие развитие карста. Охарактеризованы традиционные и уникальные формы карбонатного карста шиханов и сульфатного карста их ближайших окрестностей. Установлено, что наряду с широко распространенными и известными умеренных широтах карстопроявлениями, в гипсах кунгурского яруса в районе исследований развиты очень редко встречающиеся коррозионные колодцы, образующие карстовые поля с самой высокой плотностью карстовых форм, известной на Восточно-Европейской равнине. Зафиксированы гипсовые пещеры на различных стадиях формирования, а также полуслепые карстово-эрозионные лога не типичные для равнинного сульфатного карста региона. Для карбонатного карста шиханов в известняках сакмарского яруса установлено самое высокое местоположение карстовых пещер в равнинных предгорьях Южного Урала и древний (ранний неоплейстоцен) возраст их заложения. Главной особенностью распространения как поверхностных, так и подземных карстопроявлений является четко выраженная зависимость форм и частоты их встречаемости от хода формирования элементов рельефа в неоген-четвертичное время. Наличие на небольшой площади двух типов карста по составу карстующихся пород с очень редко встречающимися карстовыми формами предопределяет высокую научно-практическую и учебно-познавательную значимость шиханов и их окрестностей.

Ключевые слова: карст сульфатный, карст карбонатный, пещера, грот, коррозионные колодцы, понор, карстовый лог, карстовое озеро

DOI: 10.31857/S0869607123030114, **EDN:** YLNAWO

ВВЕДЕНИЕ

Шиха́н (оди́ночный холм, тюрк.) — одиночная гора, хорошо выделяющаяся в рельефе. Именно этим признаком знамениты Башкирские (известные также и как Ишимбайские и Стерлитамакские) шиханы, представляющие собой горы-одиночки (островные горы) среди окружающих равнинных предгорий Южного Урала. Шиханы

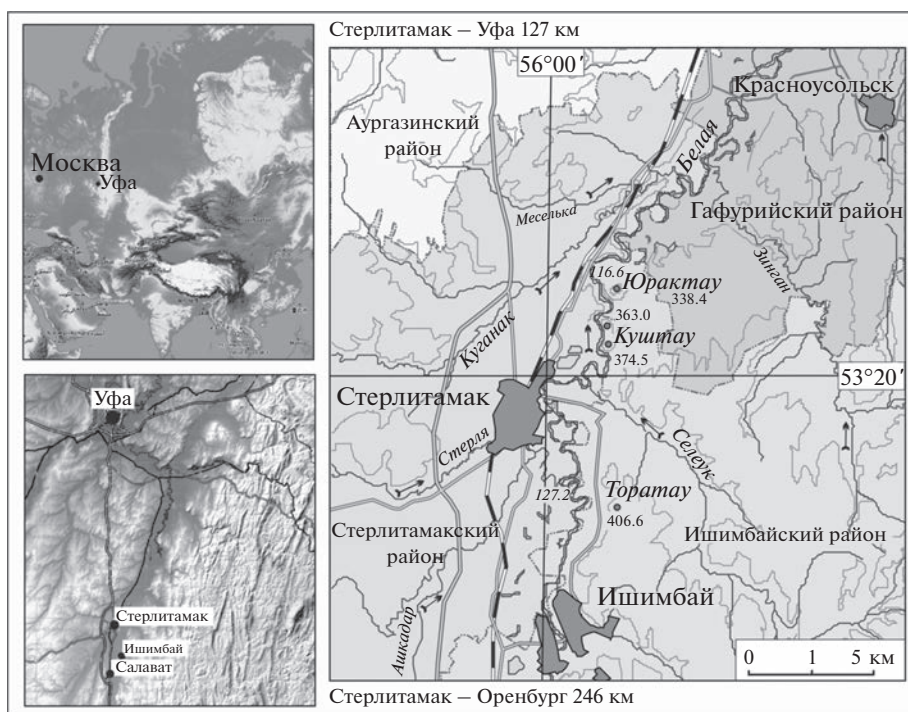


Рис. 1. Обзорная карта Стерлитамакских шиханов.

Fig. 1. Overview map of Sterlitamak shikhans.

находятся внутри Евразийского континента, а в административном отношении расположены на территории Стерлитамакского и Ишимбайского муниципальных районов Республики Башкортостан (РБ) и представлены хорошо известными горами-одиночками (рис. 1), вершины которых возвышаются над современным базисом эрозии р. Белой на 220–280 (!) м. Это шиханы: Юрактау (Йөрәктау – “сердце-гора”, башк.), Куштау (Куштау – “парная гора”, башк.) или гора Долгая, Шахтау (Шахтау – “шах-гора”, “царь-гора”, башк.), Торатау – “крепость-гора”, башк.). В ряде публикаций можно встретить и другие толкования названий шиханов. Так, шихан Торатау иногда называют еще Конь-гора, а шихан Куштау – Птица-гора [1]. Ранее существовал еще один шихан – Шахтау, “срезанный” при добыче известняка, для химической промышленности и цементного сырья, продолжавшейся с начала 1940-х гг. В настоящее время месторождение Шах-Тау эксплуатируется АО “Башкирская содовая компания” по лицензии УФА02290ТЭ, действующей до 31.12.2026.

Шиханы Торатау и Юрактау еще с прошлого века являются комплексными памятниками природы республиканского значения: постановления Совета Министров (СМ) Башкирской АССР от 17 августа 1965 г. № 465 и от 26 декабря 1985 г. № 212 соответственно. Шихан Куштау недавно также объявлен комплексным памятником природы республиканского значения, образованным Постановлением Правительства РБ от 2 сентября 2020 г. № 529 [9]. Кроме того, все упомянутые шиханы и прилегающие к ним территории входят в состав одноименного геопарка, основанного Указом Главы РБ Р. Хабировым 12.12.2018 № УН-308, который с марта 2021 г. является кандидатом на включение в Глобальную сеть геопарков ЮНЕСКО. В декабре 2022 г. шиханы То-

ратау, Куштау и Юрактау внесены в предварительный список ЮНЕСКО Центром Всемирного наследия ЮНЕСКО в Париже под общим наименованием – “Башкирские шиханы”.

Начало изучения Стерлитамакских шиханов автор относит ко второй половине XVIII века, когда русский ученый-энциклопедист и путешественник академик Петербургской академии наук Иван Иванович Лепехин в 1770 г. посетил шихан Торатау и описал пещеру Ханскую [6]. Позже, уже в XIX веке шиханы исследовали геологи: Р.И. Мурчисон и Э. Вернейль (1841–1842 гг.), фон Квален (1842 г.), Нешель (1853 г.), А.Е. Васильева (1854 г.), Ф.И. Кандыкин (1907 г.), М.Э. Ноинский (1910–1927 гг.), Н.П. Герасимов (1929–1934 гг.). С открытием в 1932 г. Ишимбайского нефтяного месторождения интерес к шиханам повысился, начали проводиться работы, направленные на исследования их генезиса, литологии, стратиграфии: В.А. Сулина, А.А. Варова, Г.В. Вахрушева, А.А. Блохина (1932–1934 гг.), А.А. Трофимука и А.Н. Дубровина (1934–1936 гг.), М.Ф. Микрюкова (1937 г.), Д.Ф. Шамова (1938 г.) [3, 15], Л.М. Федоренко (1957 г.), И.И. Синицына, (1962 г.), Е.А. Имаева (1963 г.) и мн. др. Интерес к Стерлитамакским шиханам вновь заметно возрос в связи с поисками карбонатного сырья для АО “Башкирская содовая компания” и их номинацией в Глобальную сеть геопарков ЮНЕСКО. Не снижается он и в настоящее время. Только за последние 20 лет шиханам посвящено не менее 100 публикаций. Между тем, карсту до не давнего времени практически не уделялось должного внимания. Лишь в последние годы появились единичные сводные работы по карсту и пещерам геопарка Торатау [13–15], но не дающие целостного представления о развитии карстовых форм на шиханах и в их ближайших окрестностях.

Актуальность исследований определяется слабой изученностью карста Стерлитамакских шиханов и их окрестностей.

Целью исследований является сводная характеристика карста Стерлитамакских шиханов, установление основных закономерностей распространения и развития форм его проявлений и оценка их научной и учебно-познавательной значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Исходные данные и методика работ

Базовыми материалами для исследований послужили производственные отчеты: по разведке карбонатного сырья (Федоренко Л.М., 1957 г.); геологической (Синицын И.И., 1962 г.; Имаева Е.А., 1963 г.; Князев Ю.Г., 2020 г.; Утаев М.Ф., 2021 г.) и гидрогеологической съемкам (Верзаков М.С., Постникова Л.М., 1964 г.), а также изучению экзогенных геологических процессов (Смирнов А.И. и Ткачев В.Ф., 1986 г.).

На основе анализа собранного материала, дешифрирования аэро- и космоснимков в мае–июне 2022 г. автором при участии члена туристического клуба г. Стерлитамака “Глобус” Трибунского Д.С. (проводник) было проведено обследование поверхностных карстовых форм шиханов Торатау, Куштау, Юрактау и прилегающих к ним территорий, а также рекогностировочное обследование спелеологических объектов шиханов Торатау (пещеры Гипсовая, Торатау 1 и 2) и Юрактау (гrotы Юрактау 2 и 3). Позже по данным автора Соколовым Ю.В. (Институт геологии УФИЦ РАН) осуществлена съемка пещеры Гипсовая (8 м), а уфимскими спелеологами Муслуховым Ш.И. и Пименовой Е.Л. произведена детальная съемка самой значительной пещеры шихана Торатау – Торатау 2. В сентябре 2022 г. Яковлевыми Т.И. и А.Г. (Институт геологии УФИЦ РАН) на западном склоне шихана Куштау обследована новая небольшая пещера Чесночная длиной 6 м.

Данные этих полевых обследований и составленная автором по стандартной методике карстологической съемки карта карста района Стерлитамакских шиханов и их окрестностей (см. ниже) послужили основой для настоящей статьи.

2. Краткие сведения о природных условиях развития карста

Наряду с общеизвестными условиями развития карста, общепризнанной является также определяющая роль природных факторов, обуславливающих интенсивность развития и распространение карстопроявлений [4, 7, 19 и др.].

Климат района исследований континентальный со среднегодовой температурой 2.4°C (здесь и далее данные по гидрометеостанции Стерлитамак). Самым жарким месяцем года является июль со средней температурой воздуха 19.0–19.8°C и абсолютным максимумом 40.2°C (1952 г.), а самым холодным – январь с абсолютным минимумом 47.6°C (1943 г.) и средней температурой 15.5–15.7°C. Годовая сумма осадков составляет в среднем 460 мм, из которых 60–70% приходится на теплый период года.

В орографическом отношении Стерлитамакские горы-одиночки и их ближайшие окрестности находятся в пределах холмисто-увалистых предгорий западного склона Урала [11]. В современном рельефе шиханы расположены в подножье правого склона долины р. Белой в ее общем меридиональном течении. Шиханы Юрактау и Куштау находятся непосредственно вблизи современного русла реки, а шиханы Шахтау и Торатау – в 1–1.5 и 1.8–2.3 км от нее у внешних границ правобережных первой и третьей надпойменных террас долины р. Белой соответственно. Формированию скальных, часто обрывистых западных склонов шиханов, в отличие от более пологих восточных, способствовала боковая эрозия р. Белой в голоцен–среднеплейстоценовое время.

В геолого-тектоническом отношении район исследований находится на восточном борту Предуральяского прогиба в пределах Шиханского поднятия, к сводовой части которого приурочен шихан Торатау. Определяющим условием для выделения Стерлитамакских шиханов является их генетическая принадлежность к барьерному рифу раннепермского моря, что признается всеми исследователями региона.

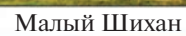
Стерлитамакские шиханы сложены рифогенными известняками ассельского, сакмарского и артинского возраста нижней перми общей мощностью не менее 700–800 м. По этому признаку в районе исследований, кроме них, выделяется также Малый Шихан, который представлен невысоким, но четко выраженным в рельефе холмом. Он возвышается над поверхностью III надпойменной террасы долины р. Белой на 10–35 м. Если вершины гор-одиночек сложены серыми и светло-серыми известняками сакмарского яруса, то Малый Шихан на уровне современного эрозионного вреза сложен серыми и буровато-серыми верхнеартинскими органогенными известняками.

Биогермные известняки шиханов содержат многочисленные фаунистические остатки (мшанок, брахиопод, криноидей, аммонитов, водорослей и др.), что и предопределяет их высокую палеонтологическую значимость.

К западу от шиханов развиты аллювиальные голоцен–среднеплейстоценовые образования, верхняя часть которых мощностью до 8 м представлена супесями, суглинками и глинами, нижняя – песчано-гравийными и гравийно-галечными отложениями мощностью около 10 м. К востоку от гор-одиночек развиты породы кунгурского яруса мощностью 100–400 м. Представлены они гипсами с тонкими прослоями мергелей и

Рис. 2. Геологическая карта Стерлитамакских шиханов и их окрестностей. (А.И. Смирнов 2022 г. по данным геологических съемок: Синицына И.И., 1962 г.; Имаева Е.А. 1963 г.; Князева Ю.Г. 2020 г.; Утаева М.Ф., 2021 г.).

Fig. 2. Geological map of Sterlitamak shikhans and their surroundings (A.I. Smirnov 2022 according to geological surveys: Sinitsyn I.I., 1962; Imaev E.A. 1963; Knyazev Yu.G. 2020; M.F. Utaev, 2021).



песчаников. Под гипсами на различной глубине (до 50 м) залегают ангидриты с прослоями доломитов (рис. 2).

Следует особо подчеркнуть, что в 2.5 км к востоку от д. Карагайново находится гора Новый Шихан. Она сложена гипсами кунгурского яруса и сходна с рифогенными шиханами лишь по наименованию и близкой морфологии, но по геологическому строению и палеогеографической принадлежности она не имеет с ними никакого генетического сходства.

Формирование Стерлитамакских гор-одиночек определяется ведущей ролью тектонических поднятий в неоген-четвертичное время, что признается всеми исследователями шиханов. Однако, наряду с неотектоническим фактором главным условием их возникновения в современном рельефе является селективная денудация, обусловленная большей устойчивостью к агентам денудации морских рифогенных карбонатных пород, в сравнении с окружающими их более податливыми разрушению экзогенными процессами, лагунными сульфатными отложениями и нелитифицированными аллювиальными образованиями. То есть, генезис шиханов в региональном плане является структурно-денудационным, а на уровне современного денудационного среза они представляют собой, по мнению автора, денудационно-литоморфные останцы, что ранее не отмечалось.

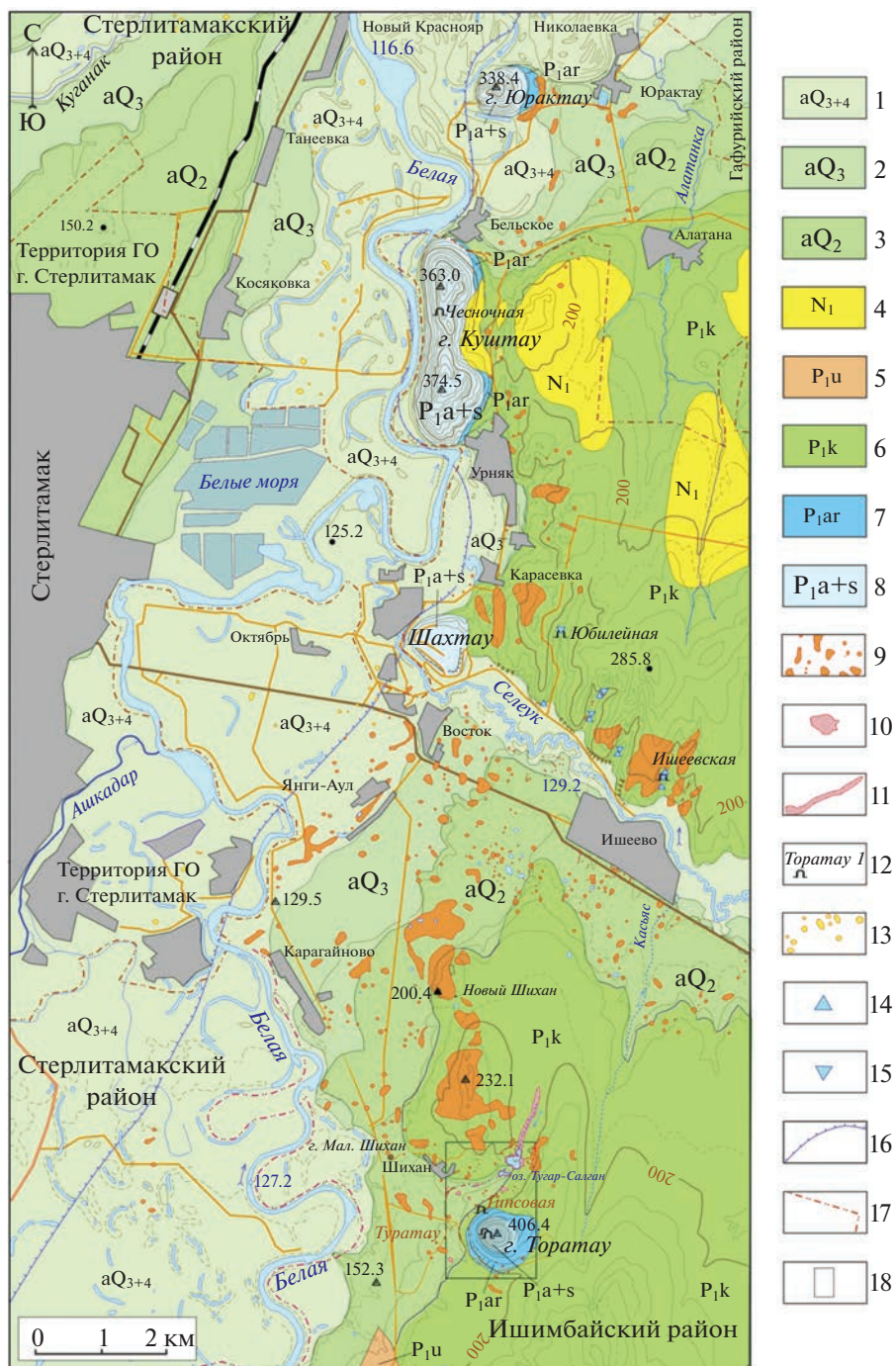
Гидрогеологические условия на уровне современного активного водообмена подземных вод представлены двумя основными водоносными горизонтами: аллювиальным плейстоценовым на западе и кунгурским — на востоке. Первый — приурочен к песчано-галечным и суглинистым отложениям речных террас, второй — к галогенным породам кунгурского яруса и содержит трещинно-карстовые воды.

Воды аллювиального водоносного горизонта в основном соответствует ГОСТ Р 51232–98 “Вода питьевая” и используется для водоснабжения населения, а воды кунгурского горизонта из-за повышенной минерализации (1.9–3.0 г/дм³) [14] не пригодны для питьевого водоснабжения.

Главной особенностью гидрогеологических условий кунгурского водоносного горизонта, оказывающих существенное влияние на развитие карстовых форм, является наличие сосредоточенных нисходящих родников. Наиболее часто они встречаются по правобережью р. Селеук. Дебиты их колеблются от 10–30 до 300–350 дм³/с. Нередко,

Рис. 3. Карта карста Стерлитамакских шиханов и их окрестностей (А.И. Смирнов, 2022 г.). Условные обозначения. Типы карста: по составу карстующихся пород и характеру их перекрытости некарстующимися отложениями. Сульфатный перекрытый (подаллювиальный или камский) в пределах: 1 – поймы и I надпойменной террасы, 2 – II надпойменной террасы, 3 – III надпойменной террасы; сульфатный: 4 – покрытый, 5 – закрытый (русский), 6 – прикрытый (подэлювиально-делювиальный или среднеевропейский); карбонатный 7 – прикрытый (подэлювиально-делювиальный или среднеевропейский), 8 – открытый (средиземноморский или голый). Проявления карста: 9 – карстовые поля и отдельные воронки, 10 – карстовые котловины, 11 – карстовый лог, 12 – пещера и ее название. Прочие обозначения: 13 – суффозионные воронки, 14 – родник, 15 – понор, 16 – правый борт палеодолины, 17 – граница муниципальных образований, 18 – контур врезки более крупномасштабной карты.

Fig. 3. Map of karst of Sterlitamak shikhans and their surroundings (A.I. Smirnov, 2022). Legend. Types of karsts: according to the composition of karst rocks and the nature of their overlapping with non-karst deposits. Sulfate overlain (sub-alluvial or Kama) within: 1 – floodplain and terrace I above the floodplain, 2 – terrace II above the floodplain, 3 – terrace III above the floodplain; sulfate: 4 – covered, 5 – closed (Russian), 6 – covered (sub-eluvial-deluvial or Central European); carbonate 7 – covered (sub-eluvial-deluvial or Central European), 8 – open (Mediterranean or bare). Manifestations of karst: 9 – karsts fields and individual funnels, 10 – karsts basins, 11 – karst log, 12 – cave and its name. Other designations: 13 – suffusion funnels, 14 – spring, 15 – ponor, 16 – right side of the paleovalley, 17 – border of municipalities, 18 – inset contour of a larger map.



из-за присутствия в гипсах прослоев мергелей и песчаников мощностью до 7.0 м, родники являются подвешенными. Превышение их над местными дренами колеблется от 30.0 до 65.0 м. Состав вод сульфатный кальциевый, минерализация — 2.0–2.2 г/дм³. Воды родников по отношению к гипсам не агрессивны [14].

Характерно, что в тальвегах логов родниковые воды нередко поглощаются в понорах, формируя подземные каналы, а затем вновь выходят на поверхность.

Горы-одиночки в гидрогеологическом отношении, по мнению ряда исследователей (Сыров Х.П., 1954 г., Рудченко Л.А., 1964 г., Верзаков М.С., Постникова Л.А., 1964 г. и др.), которое разделяет и автор, представляют собой изолированные гидрогеологические структуры нижнепермских рифов. На уровне современного эрозионного вреза шиханы содержат грунтовые воды. По данным обследования шиханов автора, уровень этих вод летом 2022 г. находился на глубине 2–3 м от подножий шиханов на севере (г. Юрактау) и до 10–15 м на юге (г. Торатау). Грунтовые воды в сакмаро-артинских карбонатах слабоминерализованны (до 0.5 г/дм³) и пригодные для питья.

3. Карст

В общей схеме районирования карста Южного Урала и Предуралья [12]. шиханы находятся на восточной окраине карстовой страны Восточно-Европейской равнины.

Климато-метеорологические факторы района шиханов определяют однотипный характер развития карста по условиям питания карстовых вод. По соотношению осадков и испарения район исследований, как и вся территория Южного Предуралья (за исключением Уфимского плато, входящего в зону избыточного увлажнения), относится к карсту умеренного питания подземных вод с коэффициентом увлажнения около единицы.

Типы карста по составу карстующихся пород и характеру их перекрытости некарстующимися отложениями, поверхностные и подземные формы карста, приведены на рис. 3, из которого видно, что наибольшее распространение на рассматриваемой территории получил сульфатный карст, а наименьшее — карбонатный.

3.1. Сульфатный карст

Сульфатный карст развивается в гипсах кунгурского яруса нижнего отдела пермской системы. Формы его проявления представлены воронками и колодцами, западинами и карстовыми полями, гротами, нишами и пещерами. Кроме того, в районе исследований имеются карстовые родники, а также поноры.

По степени перекрытости карстующихся гипсов некарстующимися породами наибольшее распространение к западу от шиханов получил перекрытый (подаллювиальный или камский) карст, развивающийся под рыхлыми аллювиальными среднеплейстоценовыми—голоценовыми отложениями. К востоку от них, карстующиеся гипсы залегают под маломощным (0–15 м) элювиально-делювиальным покровом щебнисто-суглинисто-глинистых отложений. На севере района исследований ограничено, развит покрытый карст, под суглинисто-глинистыми слабопроницаемыми отложениями миоцена, а на крайнем юге локально развит закрытый карст, где гипсы залегают под породами уфимского яруса с трещиной водопроницаемостью.

Поверхностные карстопоявления района исследований представлены всеми известными в Южном Предуралье карстовыми формами рельефа.

Карстовые воронки в днищах долин рек чаще всего представлены блюдце-, реже чащеобразными воронками с поперечником до 100 и глубиной до 10 м. Хорошо выраженной особенностью характера их распространения на речных террасах является прямая связь частоты встречаемости воронок от возраста поверхностей, на которых они сформированы.

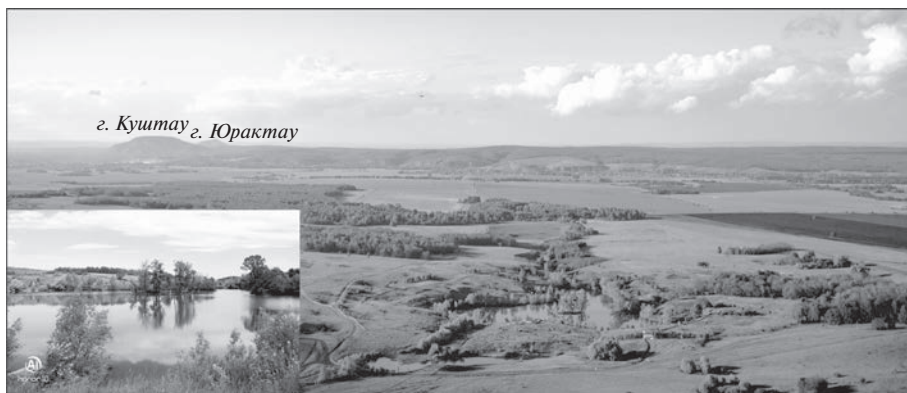


Рис. 4. Озеро Тугар-Салган. Общий вид с северного склона шихана Торатау. На заднем плане — правый склон долины р. Селеук, шиханы Куштау и Юрактау (слева). Фото Ш.И. Муслухова и А.И. Смирнова.

Fig. 4. Tugar-Salgan lake. General view from the northern slope of the Toratau Shikhan. In the background is the right slope of the Seleuk river valley, the Kushtau and Yuraktau Shihans (left). Photo by Sh.I. Muslukhov and A.I. Smirnov.



Рис. 5. Чаше- и конусообразные воронки на западном склоне увала Новый Шихан на широте д. Карагайново. Фото А.И. Смирнова.

Fig. 5. Bowl- and cone-shaped funnels on the western slope of the Novy Shikhan ridge at the latitude of the village of Karagainovo. Photo by A.I. Smirnov.

Повсеместно она минимальна на самых молодых элементах рельефа — поймы и первой надпойменной террасы долины р. Белой ее притоков (голоцен и верхний плейстоцен).

Неглубокие (не более 3 м) и небольшие по размерам (до 20–25 м) карстовые воронки на них встречаются очень редко, а редкие, образованные ими поля тяготеют к тыловым частям первой надпойменной террасы.

На поверхности второй надпойменной террасы (верхний и средний плейстоцен) карстовые поля встречаются более часто, а наиболее значительные из них распространены в границах третьих надпойменных террас (средний плейстоцен). При этом на высоких речных террасах глубины воронок увеличиваются до 15 м, что обусловлено увеличением в их пределах мощности зоны аэрации.

На водораздельных пространствах, формирование которых началось еще в раннем плиоцене [10], карстовые формы рельефа более разнообразны. Несмотря на одинаковый состав карстующихся пород, они резко различаются по морфологии и характеру распространения по лево- и правобережью р. Селеук.

По левобережью р. Селеук выположенное водораздельное пространство плавно переходит в пологую поверхность склона долины реки. На большей ее части мощность

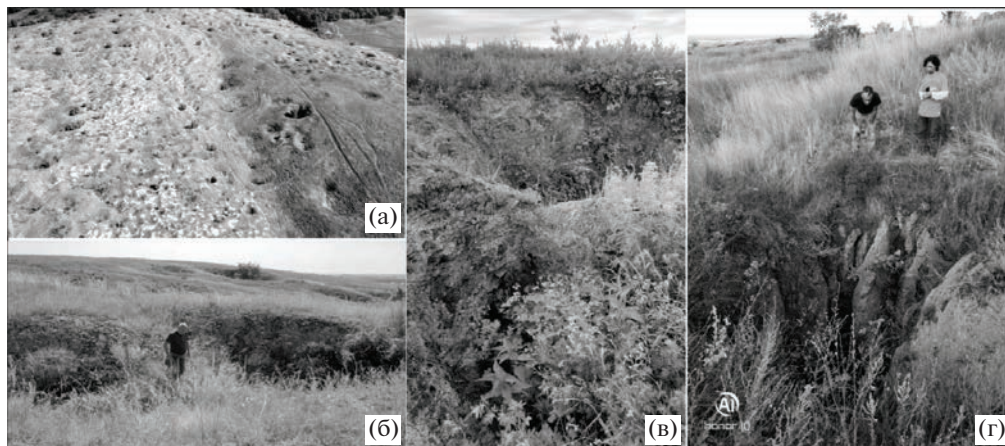


Рис. 6. Коррозионные колодцы в придолинной части водораздельного пространства по правобережью р. Селеук напротив с. Ишеево. Фото А.И. Смирнова и В.Л. Машина.

Fig. 6. Corrosion wells in the marginal part of the divide along the right bank of the Seleuk river opposite the Isheevo village. Photo by A.I. Smirnov.

суглинисто-глинистого элювия-делювия превышает более 10 м и современные карстовые формы рельефа на ней практически не встречаются. Лишен поверхностных карстопоявлений и участок на крайнем юге исследуемой территории в условиях сульфатного закрытого карста, развивающегося под полускальными породами уфимского яруса (см. рис. 3).

В то же время, по левобережью р. Селеук имеется своеобразная карстовая форма, представленная озером Тугар-Салган (“Озеро, которое поглотило лошадь” или “Обернулся и потерял”, башк.). Расположено оно в 1.3 км ССВ от шихана Торатау и образовано в котловине, которое находится в устье полуслепого эрозионно-карстового лога (рис. 4).

Длина озера 385–395 м (СЮ), ширина 260 м (ЗВ), в центре озера имеется небольшой карстово-эрозионный остров-останец. С. Пахотин, А. Беспаятный и Е. Гакашина в августе 2020 г. обследовали дно озера с использованием эхолота и составили карту 3D озера. Глубина его почти повсеместно не превышала 15 м и лишь на небольшом участке в южной части озера достоверно установлена глубина в 28 м. Питание озера атмосферное, дно его заилено [8]. Озеро Тугар-Салган является комплексным памятником природы, образованным Постановлением СМ Башкирской АССР от 26.12.1985 № 212 [9].

На остальной левобережной части р. Селеук поверхностные карстопоявления распространены в придолинной части р. Белой на увале и горе Новый шихан. Гипсы кунгура здесь выведены на поверхность или прикрыты маломощным (не более 5 м) чехлом элювия-делювия (см. рис. 3). Представлены они чаше- и конусообразными воронками диаметром 10–50 м и глубиной до 15 м (рис. 5). Плотностью воронок в пределах образованных ими карстовых полей по данным обследования автора, в среднем составила 200 шт. на 1 км².

По правобережью р. Селеук характерны аналогичные зависимости распространения карстовых форм рельефа от мощности и состава покрывающие карстующиеся гипсы образований. Наиболее четко эта связь проявляется в условиях покрытия гип-

сов глинистыми миоценовыми отложениями, где поверхностные карстопроявления практически отсутствуют (см. рис. 3).

Главной особенностью этого участка района исследований является наличие (наряду с традиционными поверхностными карстопроявлениями) крайне редко встречающихся в Южном Предуралье коррозионных колодцев.

Развиты колодцы в придолинной правобережной части р. Селеук напротив с. Ишеево в условиях сульфатного открытого (голого или средиземноморского) типа карста на абсолютных отметках 180–210 м с превышением над рекой 50–60 м. Этот высотный интервал на широте г. Стерлитамака соответствует уровню V надпойменной террасы долины р. Белой в горной части Южного Урала (ранний–средний неоплейстоцен, ~600–400 тыс. лет) [по 2], но не сохранившейся в современном рельефе на исследуемой территории.

Глубина колодцев относительно одинакова и составляет 10–12 м при диаметре 3–10 м. Они сформированы в сахаровидных гипсах, а глубина их контролируется мощностью этого слоя гипсов. Глубже его подошвы колодцы не развиваются, поскольку ниже залегают плитчатые гипсы с очень тонкими глинистыми прослойками. Дно колодцев плоское с почти горизонтальными щелевидными понорами. Колодцы имеют вертикальные стенки, на которых сформированы эрозионные желоба (рис. 6).

Плотность колодцев в пределах образованных ими карстовых полей в пересчете на 1 км² достигает 4.9 тыс. шт. [14]. По мнению автора, это самый высокий показатель частоты встречаемости карстовых форм рельефа на всей территории Южного Предуралья, а возможно и на всей территории карстовой страны Восточно-Европейской равнины.

Подземные карстопроявления района исследований представлены пещерами, наиболее значительные из них сформированы по правобережью р. Селеук. Это Ишеевская пещерная система и пещера Юбилейная (см. рис. 3).

Ишеевская пещерная система общей протяженностью ходов 1002 м является третьей по длине пещерой в гипсах Южного Предуралья [9]. Ее детальная характеристика с планом и разрезами приведена в статье [14]. Уникальность системы состоит в том, что отдельные ее части находятся на разных стадиях развития: от начальной канальной до заключительной — стадии карстовой долины. В прошлом она представляла собой единую пещеру, которая в процессе спелеогенеза и обрушения сводов в настоящее время разделена на восемь самостоятельных пещер на двух уровнях в высотном интервале 160–180 м [14].

Другой примечательной пещерой в гипсах является пещера Юбилейная. Расположена она в днище лога, в 1.4 км выше его устья, которое открывается в долину р. Селеук в 1.8 км ниже по реке от северо-западной окраины с. Ишеево (см. рис. 3).

Пещера имеет два входа: основной (вход 1) — в тальвеге лога и второстепенный (вход 2) — в северном борту карстовой воронки на левом его склоне и два пещерных уровня в интервале абсолютных отметок 170–180 м (рис. 7).

Верхний этаж пещеры — “нисходяще–восходящий”, нижний — горизонтальный с подземным ручьем (см. рис. 7). Вполне вероятно, что заложение верхнего этажа пещеры началось в период формирования выположенной придолинной части водораздельного пространства р. Селеук в раннем–среднем неоплейстоцене одновременно с формированием коррозионных колодцев. Нижний этаж пещеры заложен позже, предположительно в среднем неоплейстоцене и продолжает активно формироваться в настоящее время подземным ручьем.

Протяженность пещеры по данным ее первой съемки в 1973 г. А.С. Андреевым составляет 170 м. К сожалению, более современные морфометрические параметры пещеры в настоящее время отсутствуют.

Из достопримечательностей пещеры Юбилейной, кроме подземного ручья следует отметить прослой марьиного стекла, прослеживающийся в стенках нижнего этажа.

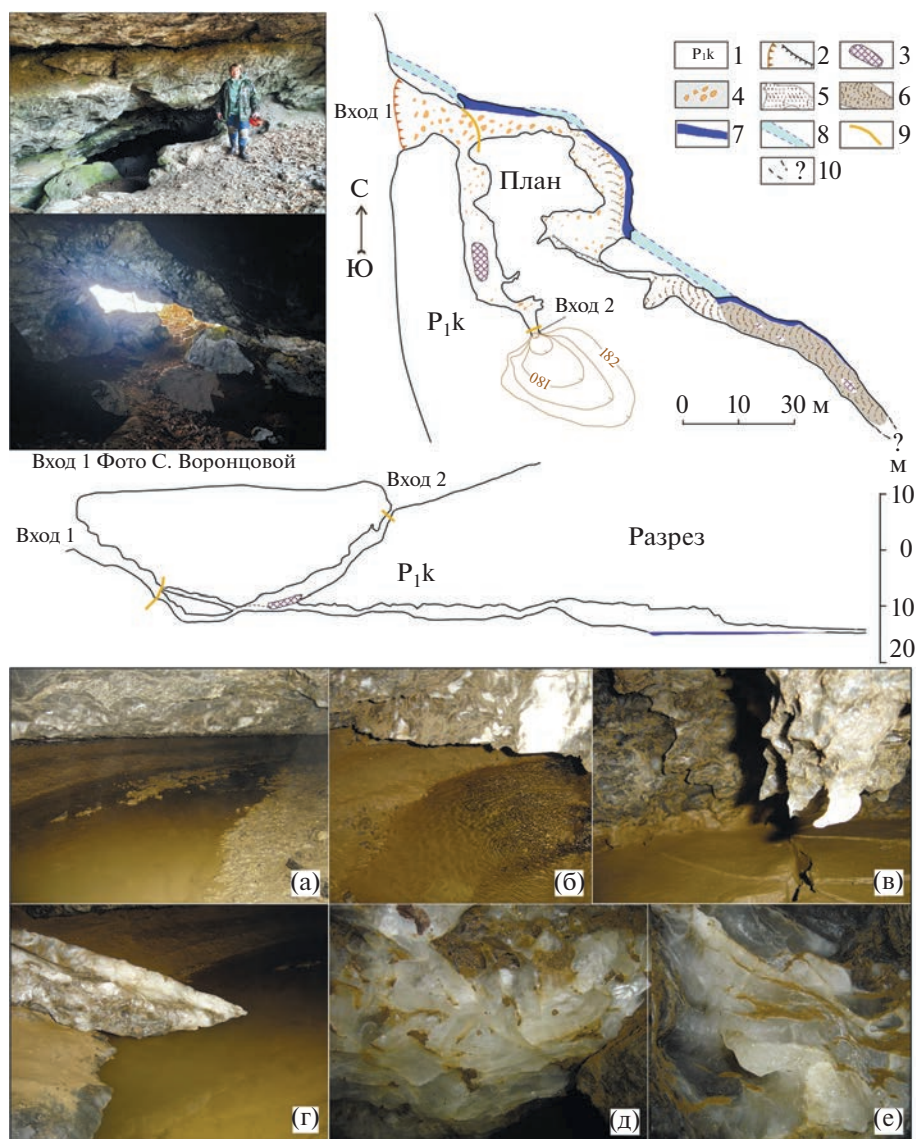


Рис. 7. Пещера Юбилейная Условные обозначения: 1 – геологический индекс вмещающих пещеру карстуемых пород (гипсы кунгурского яруса), 2 – уступы, 3 – глыбы (продукт обрушения свода пещеры), 4 – обломки и щебень гипса, 5 – глинистые сухие покровы, 6 – переувлажненный покров ила и глины, 7 – ручей в пещере, 8 – предполагаемый ручей вне пещеры, 9 – граница проникновения дневного света от входа в пещеру, 10 – непроходимый пещерный ход.

Fig. 7. Jubilee Cave Legend: 1 – geological index of the karstic rocks containing the cave (gypsum of the Kungurian stage), 2 – ledges, 3 – blocks (product of cave vault collapse), 4 – debris and rubble gypsum, 5 – clay dry cover, 6 – over-wetted silt and clay cover, 7 – stream in cave, 8 – supposed stream outside cave, 9 – daylight penetration boundary from cave entrance, 10 – impassable cave passage.



Рис. 8. Поверхностные карстопроявления в нижней части западного склона шихана оратау: а — старые чаше- и конусообразные воронки, б — свежий провал. Фото А.И. Смирнова

Fig. 8. Surface map manifestations in the lower part of the western slope of the Toratau Shikhan: а — old bowls and conical funnels, б — fresh failure. Photo by A.I. Smirnov.

Характерно, что присутствует такой же и в пещерах Ишеевской системы. В целом, пещера Юбилейная и Ишеевская система по морфологии имеют много общего, но главное их сходство заключается в одновозрастном их заложении, о чем свидетельствует почти одинаковое их высотное положение.

Еще одна небольшая нисходящая пещера (Гипсовая) длиной 8 м в гипсах имеется в подножье северного склона шихана Торатау (см. рис. 3 и 5). Вход в нее находится в южном борту карстовой воронки в подножье северного склона горы Торатау. Примечательна эта пещера тем, что сформирована она на контакте сульфатных и карбонатных пород [15]. Она представляет собой пещеру-понор, которая дренирует водоносный горизонт гидрогеологической структуры нижнепермского рифа Торатау и уводит через понор подземный сток инфильтрационных вод в четвертичный аллювий долины р. Белой. Судя по месторасположению пещеры в тыловой части III надпойменной террасы долины р. Белой возраст ее, предположительно составляет 100–150 тыс. лет (средний–поздний неоплейстоцен) [15].

3.1. Карбонатный карст

До глубины активного водообмена карстовых вод (~200 м) карбонатный карст на шиханах развит в асельско-артинских органогенных известняках.

Поверхностные карстопроявления его однообразны и представлены исключительно чаше- и конусообразными воронками поперечником до 100 м (очень часто не более 50 м) и глубиной до 15 м (обычно не более 10 м).

Распространение их в современном рельефе шиханов подчиняется общеизвестной обратной зависимости частоты встречаемости карстовых форм рельефа от уклона дневной поверхности. На крутых (до 40°), а иногда даже обрывистых склонах шиханов карстовые формы рельефа отсутствуют, а наибольшая их встречаемость свойственна для нижних пологих (не более 10°) склонов гор-одиночек и их подножий. При этом, среди них нами наблюдались старые карстовые воронки со сглаженными их очертаниями и свежие провалы с обнаженными бортами (рис. 8).

Подземные карстопроявления на шиханах более разнообразны, чем поверхностные и представлены пещерами, гrotами и нишами. При этом под пещерой автор, как и большинство спелеологов [17], понимает подземную полость любого генезиса, доступную для проникновения человека, которая имеет не освещенные дневным светом

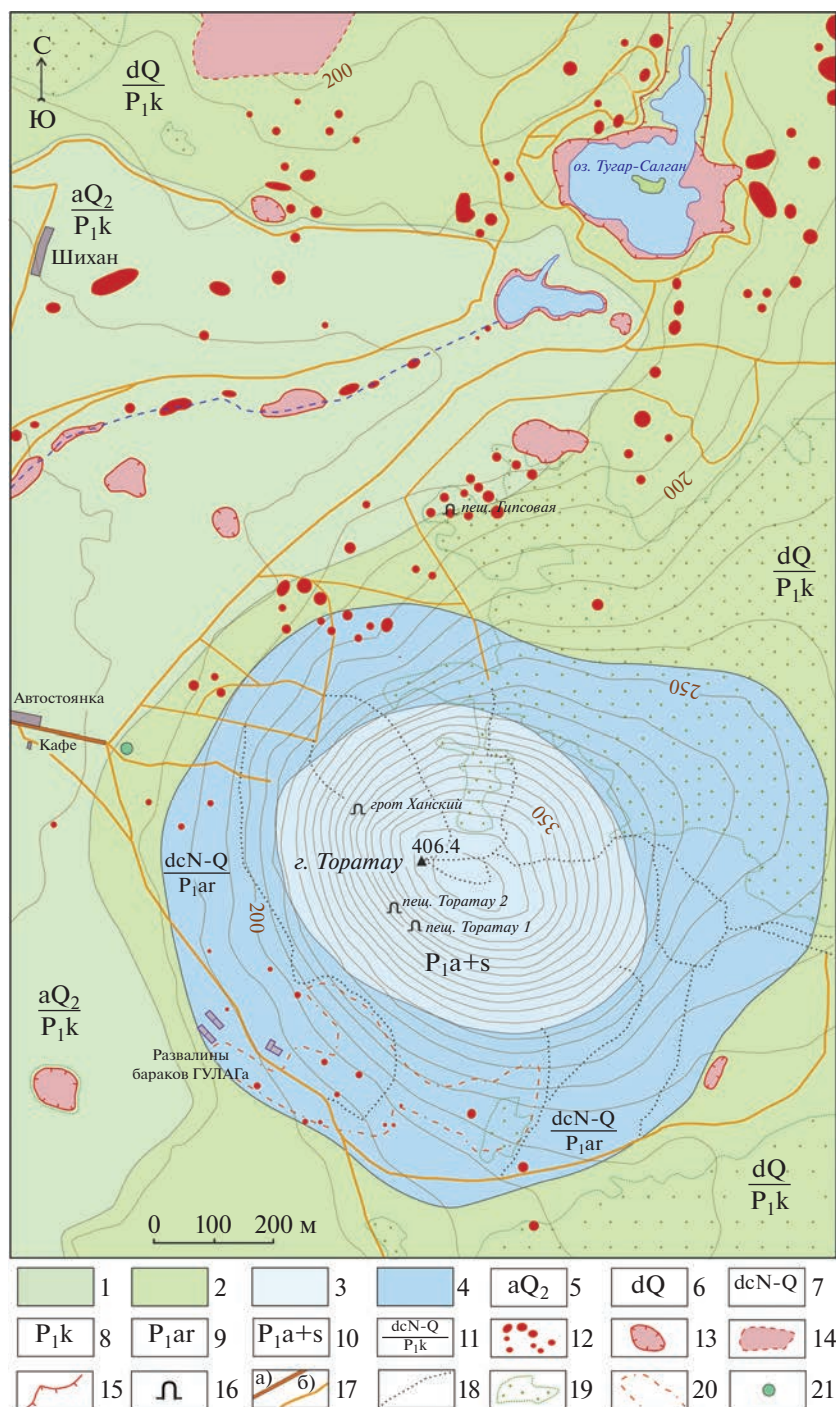


Рис. 9. Карстово-спелеологические объекты шихана Торатау (по: Смирнов, 2022). Условные обозначения. Типы карста: по составу карстующихся пород (1 и 2) и характеру их перекрытости некарстующимися отложениями (3 и 4). Сульфатный: 1 — перекрытый (подаллювиальный или камский), 2 — покрытый (подэлювиальный или среднеевропейский); карбонатный: 3 — открытый (голый или средиземноморский), 4 — прикрытый (подколлювиально-делювиальный). Геологические индексы: 5 — неоплейстоцен среднее звено (аллювий III надпойменной террасы долины р. Белой). 6 — четвертичная система (делювий межхолмистовалистых понижений), 7 — неогеновая и четвертичная системы не нерасчленённые (коллювиально-делювиальные образования средних и нижних частей шихана). Приуральский (ранний) отдел пермской системы: 8 — кунгурский ярус, 9 — артинский ярус, 10 — ассельский и сакмарский ярусы объединённые. 11 — числитель: покровные некарстующиеся, знаменатель: карстующиеся породы. Карстопроявления: 12 — карстовые воронки, 13 — карстовые котловины, 14 — поле карстовых воронок, 15 — вход в грот, пещеру, 16 — бровка склона карстового лога. Пути сообщения: 17 — дороги с асфальтированным покрытием (а), основные проселочные дороги (б), 18 — главные пешеходные тропы. Прочие обозначения: 19 — крупные лесные массивы, 20 — контур копани, 21 — проектируемый мемориал “Ырыузар ташы”, баш. (Камень преткновения).

Fig. 9. Karstic-speleological objects of the Toratau Shikhan (after: Smirnov, 2022). Legend. Karst types: according to the composition of karstic rocks (1 and 2) and the nature of their overlapping with non-karst deposits (3 and 4). Sulfate: 1 — overlapped (sub-alluvial or Kama), 2 — covered (sub-eluvial or Central European); carbonate: 3 — open (naked or Mediterranean), 4 — covered (subluvial-deluvial). Geological indices of rocks: 5 — Neopleistocene middle link (alluvium III of the floodplain terrace of the Belaya River valley). 6 — Quaternary system (slopewash deposits of inter-hill depressions), 7 — Neogene and Quaternary systems not dissected (coluvial-deluvial formations of the middle and lower parts of the shikhan). Cis-Ural (early) section of the Permian system: 8 — Kungurian, 9 — Artinian, 10 — Asselian and Sakmarian stages combined. 11 — fraction: the numerator is cover non-karsting rocks and the denominator is karsting rocks. Karst manifestations: 12 — karst funnels, 13 — karst basins, 14 — field of karst funnels, 15 — entrance to the grotto, cave, 16 — edge of the slope of the karst ravine. Communication routes: 17 — paved roads (a), main country roads (b), 18 — main hiking trails. Other designations: 19 — large forests, 20 — dig contour, 21 — projected memorial “Yryuzar tashy”, bash. (Stumbling block).

части и длину (глубину), превышающую ее входные параметры. Под гротом — подземную полость, у которой ширина или высота входа больше общей ее протяженности и иметь только затемненные части; под нишей — козырьки и навесы, не имеющую неосвещенных дневным светом частей.

Пещеры на территории гор-одинок относительно редки. На 01.01.2023 на их склонах в известняках сакмарского яруса ранней перми известны 3 пещеры. Две из них задокументированы на шихане Торатау (рис. 9, 10) и одна на шихане Куштау (табл. 1).

Самой значительной пещерой в районе исследований является пещера Торатау 2. Подробная характеристика ее с планом, разрезом и поперечными сечениями, а также описание пещеры Торатау 1 приведены в статье [15], в которой методом корреляции пещерных уровней и речных террас предполагается древний возраст их заложения. Гипсометрический интервал пещерных уровней пещер Торатау 1 и 2 соответствует уровням VI (ранний неоплейстоцен) и VII (средний—поздний эоплейстоцен) надпойменных террас долины р. Белой на Южном Урале, но не сохранившихся в Предуралье. То есть, можно предполагать, что формирование коридоров и ходов этих пещер по напластованию известняков началось не менее 600 тыс. лет тому назад [15].

На шихане Куштау задокументирована пока только одна пещера Чесночная (см. рис. 3). Это небольшая по длине горизонтальная пещера с овальным широким (5×2 м), но низким (не более 1 м) входом. Эта пещера, как и пещеры Торатау 1 и 2, сформирована по напластованию сакмарских известняков и представлена низким (до 1 м) кори-

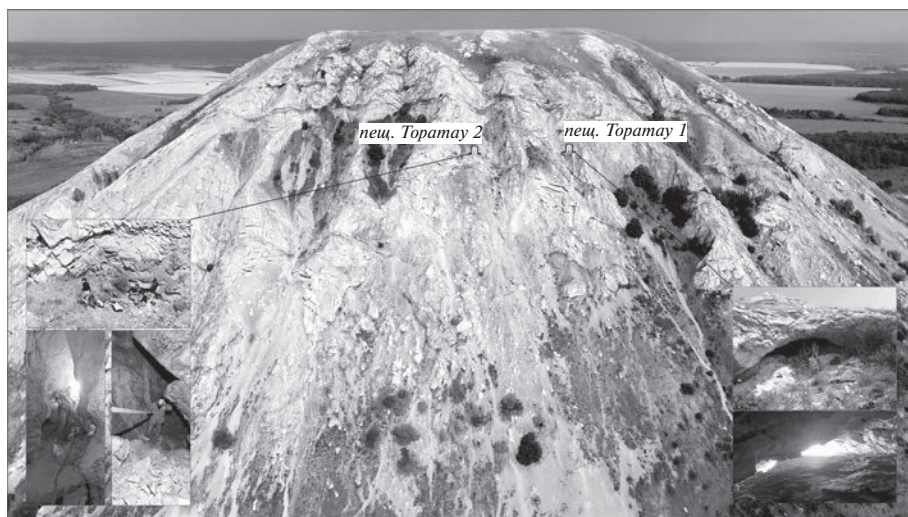


Рис. 10. Местоположений входов пещер Торатау 1 и 2 на шихане Торатау. Фото В.Л. Машина, А.И. Смирнова, Д.С. Трибунского.

Fig. 10. Locations of the entrances of caves Thoratau 1 and 2 on the Thoratau Shikhan Photo by V.L. Machine, A.I. Smirnov, D.S. Tribunsky.

дором, сформированным параллельно западному склону шихана Куштау и заканчивающийся непроходимым ходом.

Гроты карстового происхождения в районе исследований зафиксированы в сакмарских известняках на шиханах Юрактау и Торатау (табл. 2).

Самым примечательным гротом Стерлитамакских шиханов является грот Ханский на шихане Торатау (см. рис. 9), описанный еще в 1770 г. И.И. Лепехиным [6]. К настоящему времени свод грота, сформированный по напластованию известняков, обва-

Таблица 1. Пещеры Стерлитамакских шиханов на 01.01.2023 (по Ю.В. Соколову, 2022 г.)

Table 1. Sterlitamak Shikhans caves on the 01.01.2023 (according to Yu.V. Sokolov, 2022)

№ пп. Пещера (см. рис. 3)	Исследователи, год обследования, съемки	Абс. отм. входа, м	Длина, м	Удельн. объем м/м ³
<i>Шихан Торатау</i>				
1. Торатау 1	Ефремов Г.К., Лионов Б.Н.; 1942; Трибунский Д.С., Смирнов А.И., 2022 (обследование)	338	8	5.6
2. Торатау 2	Ефремов Г.К., Лионов Б.Н., 1942.; Смирнов А.И., Трибунский Д.С., 2022 (обследование); Муслухов Ш.И., Пименова Е.Л. (съемка) 2022	332	67	3.2
<i>Шихан Куштау</i>				
3. Чесночная	Яковлева Т.И., Яковлев А.Г., 2022 (обследование, съемка)	309	9	0.6

Таблица 2. Гроты Стерлитамакских шиханов на 01.01.2023 (по Ю.В. Соколову, 2022 г.)**Table 2.** Grottoes of Sterlitamak shikhans on the 01.01.2023 (according to Yu.V. Sokolov, 2022)

№ пп. Грот (рис. 9, 11)	Исследователи, год обследования, съемки	Абс. отм. входа, м	Длина, м	Удельн. объем, м/м ³
<i>Шихан Торатау</i>				
1. Ханский	Лепехин И.И., 1770; (обследование) Муслухов Ш.И., Пименова Е.Л., 2018; Соколов Ю.В., 2022 (съемка)	309	3	12
<i>Шихан Юрактау</i>				
2. Юрактау 1	Соколов Ю.В., 1995 (обследование)	140	6	28
3. Юрактау 2	Трибунский Д.С., Смирнов А.И. 2022 (обследование)	201	4	4
4. Юрактау 3	Трибунский Д.С., Смирнов А.И. 2022 (обследование)	223	2	3

лился и он представляет собой лишь отрицательную стенку шириной 10 м, высотой 6 м с глубиной нависания ~1 м (рис. 12).

На шихане Юрактау в настоящее время известно 3 грота (см. табл. 2). Самым значительным из них является грот Юрактау 1, сформированный в подножье шихана с поперечником 5.0–5.5 м. Вероятнее всего он представляет собой фрагмент ранее существовавшей пещеры (рис. 12). Грот Юрактау 2 сформирован в вершине расщелины, заложённой по секущей слою тектонической трещины, а грот Юрактау 3 – в южном (левом) ее борту. Оба грота, по мнению автора, также являются остатками древней пещеры.

Кроме пещер и гротов на шиханах имеются многочисленные козырьки и навесы, формированию которых способствует сильная трещиноватость и раздробленность рифовых массивов. Наряду с наличием традиционных трещин напластования горы-одиночки интенсивно разбиты секущими слою тектоническими трещинами, а также трещинами разгрузки донного и бортового отпора [15].

ОБСУЖДЕНИЕ

Стерлитамакские шиханы, представляющие собой денудационно-литоморфные останцы, имеют важную геоморфологическую особенность, которая раскрывает механизм их формирования. Так, горы-одиночки Торатау и Куштау, а также некогда существовавший шихан Шахтау (по фото в сети интернет 1950 гг.), имеют выложенные вершины (см. рис. 10), которые представляют собой “островки”, вероятно, ранне-среднеплиоценовой [15] поверхности выравнивания, сохранившиеся после общей пенеппленизации Южного Урала и Предуралья в конце миоцена и в начале плиоцена всего Южного Предуралья [10]. На вершине самого низкого и наименее приподнятого в неоген-четвертичное время шихана Юрактау остатки миоцен-плиоценового пенеплена не сохранились. Таким образом, можно предполагать, что карстовые формы, выраженные в современном рельефе района исследований, формируются уже не менее 5 млн лет.



Рис. 11. Грот Ханский: а — общий вид (фото Ю.В. Соколова), б — отрицательная стенка грота (фото Ш.И. Муслухова).

Fig. 11. Grot Khansky: а — general view (photo by Yu.V. Sokolov), б — negative wall of the grotto (photo by Sh.I. Muslukhov).

Определяющим фактором интенсивности распространения карстовых форм является литологический фактор, что четко фиксируется по составу карстующихся пород. Вполне естественно, что она повсеместно выше в более растворимых галогенных породах в сравнении с карбонатными (см. рис. 3).

Наибольшее распространение поверхностных карстопроявлений наблюдается на участках открытого и закрытого карста. При этом максимально они развиты в условиях голого (средиземноморского) карста и представлены коррозионными колодцами, развитыми по правобережью р. Селеук напротив с. Ишеево. Главной особенностью этих колодцев является их приуроченность к сахаровидным гипсам. При отсутствии с поверхности в разрезе кунгурского яруса этой разновидности гипсов они не встречаются. Механизм образования колодцев до конца не выяснен. Возможно, они имеют сложный нивально-коррозионный генезис [по 5], чему в неоплейстоцене способствовали периодические значительные похолодания в ход ледниково-межледниковых циклов. Следует особо подчеркнуть, что интенсивность распространения колодцев — самая высокая на всей территории Южного Предуралья [14].

В условиях покрытого и закрытого типов карста частота встречаемости поверхностных карстопроявлений находится в хорошо известной обратной зависимости от мощности покрывающих карстующиеся породы некарстующимися отложениями.

В условиях перекрытого карста интенсивность распространения поверхностных карстопроявлений находится в прямой зависимости от возраста элементов рельефа, на которых они развиты, что является вполне естественным. То есть, частота встречаемости карстовых форм рельефа в районе исследований обусловлена ходом формирования дневной поверхности в плейстоцене. Это четко прослеживается по различиям в интенсивности распространения, морфологии и морфометрии поверхностных карстопроявлений при переходе от молодых речных террас к более древним.

Ярким примером связи формирования поверхностных карстопроявлений с ходом формирования элементов рельефа является также генезис озера Тугар-Салган. Оно образовано в карстовой котловине в устье полуслепого лога, верховье которого находится в 1.6—1.7 км севернее озера (см. рис. 3 и 9). В раннем плиоцене Южное Предуралье испытало значительное региональное поднятие, которое обусловило глубокий врез речных долин и начало формирования палеодолин [10]. Вполне естественно, что устье лога в это время открывалось в палеодолине р. Белой, глубина вреза которой на

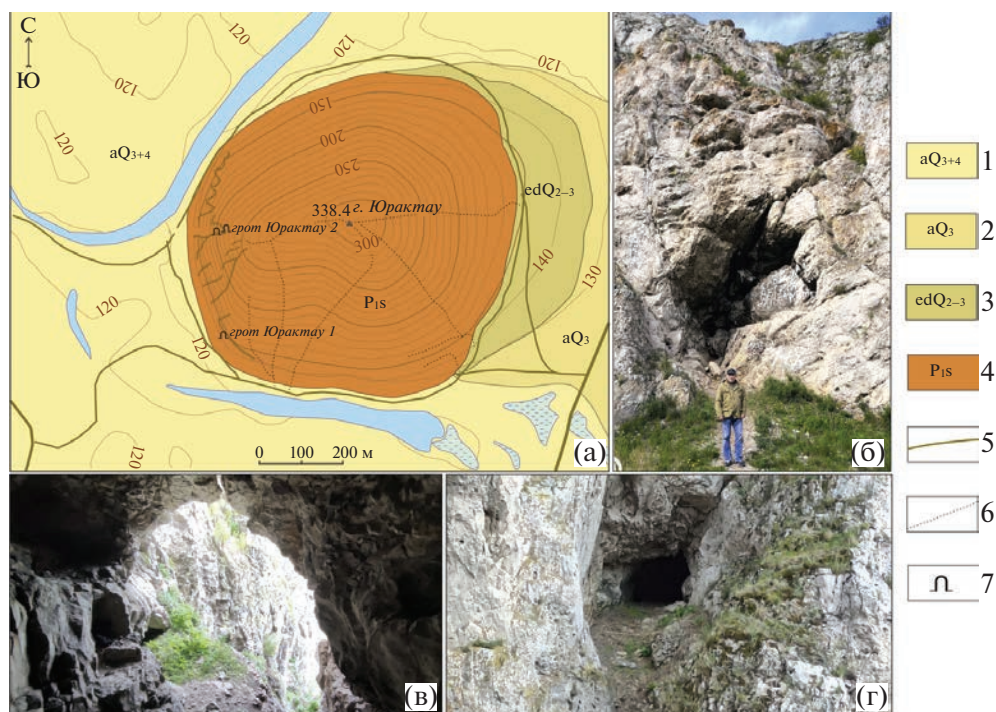


Рис. 12. Гроты шихана Юрактау: а — схема расположения гротов (А.И. Смирнов, 2022 г.), Гроты: б — Юрактау 1, в — Юрактау 2, г — Юрактау 3 (фото А.И. Смирнова и Д.С. Трибунского).

Fig. 12. Grottoes of the Yuraktau Shikhan: а — layout of grottoes (A.I. Smirnov, 2022), б — Yuraktaу 1, в — Yuraktaу 2, г — Yuraktaу 3 (photo by A.I. Smirnov and D.S. Tribunsky).

широте г. Стерлитамака по отношению к ее современному руслу достигало 110 м (Верзаков и др., 1964 г.). После заполнения палеодолины плиоценовыми, а затем и плейстоценовыми осадками средняя и устьевая части лога были погребены четвертичным аллювием. Тальвег погребенного лога, заложенного в раннем плиоцене (2.5–2.6 млн лет), а возможно и много раньше, четко прослеживается цепочкой карстовых воронок, протягивающейся к западу от озера на поверхности третьей надпойменной террасы долины р. Белой (см. рис. 9). В тыловой не погребенной среднеплейстоценовыми осадками части террасы и сформировалось озеро. То есть, возраст озера достаточно древний — не менее 0.7–0.8 млн лет.

Связь распространения карстопоявлений с историей формирования рельефа района исследований в неоген-четвертичное время прослеживается и по подземным карстовым формам, как в гипсах, так и в известняках. Это четко фиксируется по высотному положению спелеобъектов, расположенных в двух гипсометрических интервалах (абс.): 300–330 м (пещеры Торатау 1 и 2, Чесночная и грот Ханский); 160–180 м (Ишеевская пещерная система, пещеры Гипсовая и Юбилейная).

Возраст верхнего пещерного уровня [по 14, 15] можно ориентировочно оценить как средний–поздний эоплейстоценовый (~1.2 млн. лет) — самый древний в Южном Предуралье, нижнего — как ранний–средний неоплейстоценовый (не менее 400 тыс. лет). При этом, пещеры нижнего уровня активно продолжают формироваться карстовым

процессом и в настоящее время с преобладающей деятельностью подземных водотоков. В подземных полостях верхнего уровня, переживающих сейчас сухо-галерейную обвальную-провальную стадию развития, преобладает деятельность гравитационных сил.

Можно предполагать о наличии на шиханах еще одного среднего пещерного уровня в интервале абсолютных отметок 200–230 м, к которому приурочены гроты Юрактау 2 и 3, представляющие собой остатки ранее существовавшей пещеры.

Минимальная встречаемость подземных карстовых полостей на шихане Куштау обусловлена, вероятно, слабой их изученностью, поскольку поиск спелеообъектов на нем затруднен почти сплошной залесенностью. Условия формирования пещер и гротов на шихане Куштау не менее благоприятны, чем на других шиханах и вполне вероятно, что в будущем на нем будут открыты новые спелеологические объекты.

ВЫВОДЫ

Башкирские шиханы имеют структурно-денудационное происхождение, их правомерно считать денудационно-литоморфными останцами.

На небольшой площади расположения Башкирских шиханов развиты два различных типа карста по составу карстующихся пород и представлены все известные типы карста по характеру и степени перекрытости карстующихся пород некарстующимися. В ближайших окрестностях шиханов развиты редко встречающиеся карстовые формы рельефа — коррозионные колодцы, плотность которых самая высокая в карстовой стране Восточно-Европейской равнины. Высокое гипсометрическое положение шиханов, обусловленное неотектоническими понятиями и селективной денудацией в неоген-четвертичное время предопределило образование самых древних в равнинном Южном Предуралье карстовых пещер в известняках, а в гипсах они активно продолжают формироваться и в настоящее время. Подобные карстовые поля колодцев в гипсах имеются в Южном Предуралье только на пологоволнистой Прибельской равнине в долине р. Аургаза (правый приток р. Уршак) и на небольших по площади участках открытого карста в предгорьях Южного Урала. Однако, плотность колодцев на них в два раза меньше, чем в районе Башкирских шиханов.

Подземные карстопроявления приурочены к определенным высотным уровням. При перепаде абсолютных отметок от ~120 до ~400 м, все известные к настоящему времени пещеры и гроты на шиханах сформированы в двух основных гипсометрических интервалах (абс.): 300–330 м (пещеры Торатау 1 и 2, Чесночная и грот Ханский) и 160–180 м (Ишеевская система пещер, пещеры Гипсовая и Юбилейная, грот Шиханский).

В верхнем высотном интервале сформированы спелеообъекты карбонатного карста, в нижнем — сульфатного.

Возраст нижнего пещерного уровня можно ориентировочно оценить как ранний–средний неоплейстоценовый (не менее 400 тыс. лет), верхнего — как эоплейстоцен (~1.2 млн лет) — самый древний в равнинном Южном Предуралье. Кроме того, можно предполагать наличие на шиханах еще одного среднего пещерного уровня в интервале абсолютных отметок 200–230 м, к которому приурочены гроты Юрактау 2 и 3, представляющие собой остатки ранее существовавших пещер.

В настоящее время пещеры нижнего уровня продолжают активно формироваться карстовым процессом с преобладающей деятельностью подземных водотоков, а в подземных полостях верхнего уровня, переживающих сейчас завершающую сухо-галерейную обвальную-провальную стадию развития спелеогенеза, преобладает деятельность гравитационных сил.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю признательность члену туристического клуба г. Стерлитамака “Глобус” Д.С. Трибунскому за помощь при обследовании спелеообъектов, а также В.Л. Машину, Ю.В. Соколову и Ш.И. Муслухову за предоставленный фотоматериал. Исследование выполнено по государственной бюджетной теме FMRS-2022-0010.

The author expresses his sincere gratitude to the member of the tourist club of the city of Sterlitamak “Globus” D.S. Tribunsky for help in examining speleological objects, and also to V.L. Mashchin, Yu.V. Sokolov and Sh.I. Muslukhov for providing photographic material. The study was carried out within the framework of the State budget theme FMRS-2022-0010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов К.В., Грабовская А.П. Стерлитамакские шиханы: от истоков геологической истории образования до наших дней В сб.: Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития. Материалы Всероссийской научно-исследовательской конференции. 2019. С. 56–59.
2. Борисевич Д.В. Неотектоника Урала // Геотектоника. 1992. № 1. С 57–67.
3. Галиуллин Р.Х. Краткие сведения об изученности района шиханов и месторождения Шахтау // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. 2016. № 11. С. 277–279.
4. Гвоздецкий Н.А. Карст. М.: Мысль, 1981. 214 с.
5. Дублянский В.Н. Карстовые пещеры и шахты Горного Крыма. Л.: Наука, 1977. 182 с.
6. Лепёхин И.И. Продолжение Дневных записок путешествия Академика Лепехина // Полное собрание ученых путешествий по России. Т. 4. СПб.: Императорская Академия наук, 1822. 436 с.
7. Максимович Г.А. Основы карстования. Т. 1. Вопросы морфологии карста, спелеологии и гидрогеологии карста. Пермское книжное издательство, Пермь, 1963, 445 с.
8. Пахотин С. Экспедиция на озеро Тугар-Салган и шихан Торатау. Свердловское областное отделение Русского географического общества. URL: <https://www.rgo.ru/ru/article/eks-pediciya-na-ozero-tugar-salgan-i-shihan-toratau>.
9. Реестр особо охраняемых природных территорий республиканского значения: Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан, 2020, ООО “Научно-исследовательский институт безопасности жизнедеятельности”, 2020, ФГБНУ Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, 2020. Изд. 4-е, перераб. Воронеж: ИП Коновалов И.С., 2020. 404 с.
10. Рождественский А.П. Новейшая тектоника и развитие рельефа Южного Приуралья. М.: Наука, 1971. 286 с.
11. Смирнов А.И. Генетические типы и формы рельефа // Атлас Республики Башкортостан. Правительство Республики Башкортостан. Уфа, 2005. С. 65.
12. Смирнов А.И. Виды и современная активность развития опасных геологических процессов на Южном Урале и в Предуралье // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2022. № 2. С. 338–347.
13. Смирнов А.И., Соколов Ю.В. Карст и пещеры геопарка “Торатау” Геологический вестник. 2020. № 1. С. 113–132.
14. Смирнов А.И., Соколов Ю.В. Ишеевский участок — уникальный карстово-спелеологический объект Южного Предуралья Известия Русского географического общества. 2021. Т. 153. № 3. С. 63–75.
15. Смирнов А.И., Соколов Ю.В., Муслухов Ш.И. Спелеологические объекты шихана Торатау. Геологический вестник. 2022. № 3. С. 114–127.
16. Соколов Д.С., Основные условия развития карста. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 322 с.
17. Тимофеев Д.А., Дублянский В.Н., Ккикнадзе Т.З. Терминология карста. М.: Наука, 1991. 259 с.
18. Хисматуллин И.Р. Стерлитамакские шиханы: история исследования и научное значение геологических памятников природы // Молодой ученый. 2014. № 4. С. 407–409.
19. Чикишев А.Г. Карст Русской равнины. М.: Наука, 1978. 191 с.

Karst of Sterlitamak (BASHKIR) Shikhans and Their Surroundings in Southern Pre-Ural Area

A. I. Smirnov*

Institute of Geology Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

**E-mail: smail@mail.ru*

Abstract—Shikhans, or lone mountains, is the local name for island mountains in the flat foothills of the Southern Urals. The shikhans are denudation remnants, sometimes with preserved residuals of Miocene-Pliocene planation surface on their tops, which allows estimating the total time of development of karst processes at least 5 million years. Despite more than 200 years of research on the shikhans, karst and its manifestations have received little attention to date. A map of karst in the shikhan territory was drawn up according to the standard methodology of karstological survey. Widespread and quite rare forms of carbonate karst of the shikhans and sulphate karst of their close vicinities were characterised. It was established that along with widespread and known in temperate latitudes karstic features, very rare corrosion wells are developed in the gypsum of the Kungurian Stage in the study area, forming karst fields with the highest density of karst forms known in the East European Plain. Gypsum caves at various stages of formation, as well as semi-blind karst-erosion gullies not typical for the lowland sulphate karst of the region were recorded. For the carbonate karst of the Shikhans in the limestones of the Sakmarian Stage, the highest location of karst caves in the foothills of the Southern Urals and the oldest (early Middle Pleistocene) age of their foundation were established. The main peculiarity of distribution of both surface and underground karst-holes is a clearly expressed dependence of forms and frequency of their occurrence on the course of formation of relief elements in the Neogene-Quaternary time. The presence in a small area of two types of karst by composition of karst rocks with very rare karst forms predetermines the high scientific, practical and educational significance of the shikhans and their surroundings.

Keywords: sulfate karst, carbonate karst, cave, grotto, corrosion wells, ponor, karst gully, karst lake

REFERENCES

1. Antonov K.V., Grabovskaya A.P. Sterlitamakskie shihany: ot istokov geologicheskoy istorii obrazovaniya do nashih dnei V sb.: Molodezhnaya nauka v XXI veke: tradicii, innovacii, vektory razvitiya. Materialy Vserossiyskoj nauchno-issledovatel'skoj konferencii. 2019. S. 56–59.
2. Borisevich D.V. Neotektonika Urala // Geotektonika. 1992. № 1. S. 57–67.
3. Galiullin R.H. Kratkie svedeniya ob izuchennosti rajona shihanov i mestorozhdeniya Shah-tau // Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nyh territorij. 2016. № 11. S. 277–279.
4. Gvozdeckij N.A. Karst. M.: Mysl', 1981. 214 s.
5. Dublyanskij V.N. Karstovye peshchery i shahty Gornogo Kryma. L.: Nauka, 1977. 182 s.
6. Lepyohin I.I. Prodolzhenie Dnevnyh zapisok puteshestviya Akademika Lepekhina // Polnoe sobranie uchenykh puteshestvij po Rossii. T. 4. SPb.: Imperatorskaya Akademiya nauk, 1822. 436 s.
7. Maksimovich G.A. Osnovy karstovedeniya. T. 1. Voprosy morfologii karsta, speleologii i gidrogeologii karsta. Permskoe knizhnoe izdatel'stvo, Perm', 1963. 445 s.
8. Pahotin S. Ekspediciya na ozero Tugar-Salgan i shihan Toratau. Sverdlovskoe oblastnoe otdelenie Russkogo geograficheskogo obshchestva. URL: <https://www.rgo.ru/ru/article/ekspediciya-na-ozero-tugar-salgan-i-shihan-toratau>.
9. Reestr osobo ohranyaemyh prirodnyh territorij respublikanskogo znacheniya: Ministerstvo prirodopol'zovaniya i ekologii Respubliki Bashkortostan, 2020, OOO "Nauchno-issledovatel'skij institut bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti", 2020, FGBNU Ufimskij institut biologii UFIC RAN, 2020. Izd. 4-e, pererab. Voronezh: IP Konovalov I.S., 2020. 404 s.
10. Rozhdestvenskij A.P. Novejshaya tektonika i razvitie rel'efa Yuzhnogo Priural'ya. M.: Nauka, 1971. 286 s.
11. Smirnov A.I. Geneticheskie tipy i formy rel'efa // Atlas Respubliki Bashkortostan. Pravitel'stvo Respubliki Bashkortostan. Ufa, 2005. S. 65.

12. Smirnov A.I. Vidy i sovremennaya aktivnost' razvitiya opasnyh geologicheskikh processov na Yuzhnom Urale i v Predural'e // *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. 2022. № 2. S. 338–347.
13. Smirnov A.I., Sokolov Yu.V. Karst i peshchery geoparka “Toratau” *Geologicheskij vestnik*. 2020. № 1. S. 113–132.
14. Smirnov A.I., Sokolov Yu.V. Isheevskij uchastok — unikal'nyj karstovo-speleologicheskij ob''ekt Yuzhnogo Predural'ya *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva*. 2021. T. 153. № 3. S. 63–75.
15. Smirnov A.I., Sokolov Yu.V., Musluhov Sh.I. Speleologicheskie ob''ekty shihana Toratau. *Geologicheskij vestnik*. 2022. № 3. S. 114–127.
16. Sokolov D.S., *Osnovnye usloviya razvitiya karsta*. M.: Gosgeoltekhizdat, 1962. 322 s.
17. Timofeev D.A., Dublyanskij V.N., Kkiknadze T.Z. *Terminologiya karsta*. M.: Nauka, 1991. 259 s.
18. Hismatullin I.R. Sterlitamaskie shihany: istoriya issledovaniya i nauchnoe znachenie geologicheskikh pamyatnikov prirody // *Molodoj uchenyj*. 2014. № 4. S. 407–409.
19. Chikishev A.G. *Karst Russkoj ravнины*. M.: Nauka, 1978. 191 s.