

УДК 551.4.02
DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-1-63-76

Ледниковый и карстовый рельеф массива горы Патын (Горная Шория)

Адаменко М.М.¹, Гутак Я.М.¹, Ковалёв Р.А.^{2,3}, Величко С.В.⁴

¹Сибирский государственный индустриальный университет

Россия, 654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, зд. 42

²Национальный Исследовательский Томский государственный университет

Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

³Новокузнецкий институт филиал Кемеровского государственного университета

Россия, 654041, г. Новокузнецк, ул. Циолковского, д. 23

⁴Некоммерческая организация Новокузнецкий городской клуб спелеологов «Плутон»

Россия, 654079, г. Новокузнецк, Металлургов проспект, 15

E-mail: adamenko.marina@gmail.com

Аннотация. Влияние ледников на карстовые процессы выступает интересным вопросом геоморфологии, который актуален как для областей, где современное оледенение накладывается на карстующиеся породы, так и для карстовых районов, испытавших оледенение в период похолоданий неоплейстоцена. В зарубежной литературе гетерогенным формам рельефа, сочетающим в себе карстовый рельеф и унаследованный ледниковый морфогенез посвящены развернутые монографии, в то время как в отечественной геоморфологии этот вопрос рассматривается недостаточно широко и весьма поверхностно. Целью данного исследования является анализ морфологии, морфометрии и пространственного распределения ледникового, нивального и карстового рельефа в Патынском карстовом подрайоне (Горная Шория), и оценка перспективности данного района для изучения форм и условий образования гляциокарста. Летом 2017 г. в пределах Культайгинского карстового района в массиве горы Патын проводились маршрутные геоморфологические исследования как на поверхности, так в естественных карстовых полостях. Выявлено, что экзарационный рельеф развит на всех склонах массива. Он представлен сложными ступенчатыми караами (каровыми долинами) первого и второго типа по классификации Л.Н. Ивановского. На южном склоне массива описан комплекс моренного рельефа, как минимум двух стадий оледенения. Малая мощность перекрывающих лессов позволяет установить относительный возраст морен не позднее последнего ледникового максимума (сартанское время). Моренный рельеф фиксирует продвижение ледников до абсолютных высот 1000 м. Описывается ряд фактов, косвенно указывающих на возможное продвижение древних ледников до абсолютных высот 650–550 м. Карстовый рельеф в массиве горы Патын оконтуривает древний ледниковый рельеф и представлен многочисленными эрозионно-коррозионными, провальными и суффозионными карстовыми воронками, понорами и пещерами как с мощными современными подземными водотоками расходом до 1 м³/сек и более, так и фрагментами древних палеокарстовых галерей, лишенных современного гидрологического функционирования. В результате исследований доказано, что пещеры Фантазия и Кызасская являются частями одной глубокой подземной гидросистемы (вероятно глубочайшей в Сибири), с амплитудой гипсометрических уровней свыше 450 м. Проведенные исследования, выявили факт тесного географического соседства карстового и ледникового рельефа в массиве г. Патын. При деградации ледников в позднеледниковые высвобождавшийся объем пресной воды оказывал непосредственное влияние на формирование отдельных групп крупных поверхностных форм и подземных карстовых пустот. Полученные результаты показали, что массив г. Патын является перспективным районом для изучения вопросов гляциокарста и палеогеографии плейстоцена, с использованием методов как гляциальной геоморфологии, так и карстоведения.

Ключевые слова: Горная Шория, гляциокарст, оледенение, карстовый рельеф, пещеры.

Для цитирования: Адаменко М.М., Гутак Я.М., Ковалёв Р.А., Величко С.В. 2021. Ледниковый и карстовый рельеф массива горы Патын (Горная Шория). Региональные геосистемы, 45(1): 63–76. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-1-63-76

Glacial and karst relief of Mount Patyn massif (Mountain Shoria)

Marina M. Adamenko¹, Yaroslav M. Gutak¹, Roman A. Kovalev^{2,3}, Sergey V. Velichko⁴

¹Siberian State Industrial University,
42 Kirova St., Novokuznetsk, 654007, Russia

²National Research Tomsk State University,
36 Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russia

³Novokuznetsk Institute, branch of Kemerovo State University,
23 Tsiolkovsky St., Novokuznetsk, 654041, Russia

⁴Novokuznetsk speleologists club “Pluto” non-profit organization,
15 Metallurgov Ave., Novokuznetsk, 654079, Russia
E-mail: adamenko.marina@gmail.com

Abstract. The influence of glaciers on karst processes is an interesting issue of geomorphology, which is relevant both for areas where modern glaciation develops on karst rocks, and for karst areas that were glaciated during the Neopleistocene cooling period. In foreign literature, detailed monographs are devoted to heterogeneous landforms, combining karst topography and inherited glacial morphogenesis, while in Russian geomorphology this issue is not considered broadly enough and very superficially. The purpose of this study is to analyze the morphology, morphometry and spatial distribution of glacial, nival and karst relief in the Patyn karst subregion (Gornaya Shoria mountains), and to assess the prospects of this area for studying the forms and conditions of glaciokarst formation. In the summer of 2017, in the Kultaiginsky karst area in the Patyn mountain massif, route geomorphological studies were carried out, including the study of the surface and natural karst voids. It was revealed that the exaration relief is developed on all slopes of the massif. It is represented by complex stepped (corrie-valleys) of the first and second types according to the L.N. Ivanovsky classification. On the southern slope of the massif a moraine relief complex of at least two stages of glaciation, is described. Low thickness of the overlapping loess makes it possible to establish the relative age of moraines no later than the Last Glacial Maximum (the Sartan time). The moraine relief traces advancement of glaciers to the absolute heights of 1000m. A number of facts have been provided that indirectly indicate possible advancement of ancient glaciers to the absolute heights of 650–550m. Karst relief of the Patyn mountain outlines the ancient glacial relief and is represented by numerous erosion-corrosion, collapse and suffusion karst sinkholes, ponors and caves with either large modern underground watercourses with a flow rate of up to 1 m³/sec and more, or fragments of the ancient paleokarst galleries currently devoid of hydrological functioning. As a result of the research, it was proved that the Fantazia and Kyzasskaya caves are parts of the same deep underground hydrosystem (probably the deepest in Siberia), with an amplitude of hypsometric levels over 450m. The studies carried out revealed the fact of the close geographical proximity of the karst and glacial relief in the massif of Patyn. During the degradation of glaciers in the Late Ice Age, the released volume of fresh water had a direct impact on the formation of individual groups of large surface forms and underground karst voids. The results obtained showed that the Patyn massif is a promising area for studying the issues of glaciokarst and paleogeography of the Pleistocene, using the methods of both glacial geomorphology and karst studies.

Key words: Mountain Shoria, glaciokarst, glaciation, karst relief, caves.

For citation: Adamenko M.M., Gutak Ya.M., Kovalev R.A., Velichko S.V. 2021. Glacial and karst relief of Mount Patyn massif (Mountain Shoria). Regional Geosystems, 45(1):63–76. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-1-63-76

Введение

Гетерогенные формы рельефа, сочетающие в себе карстовый рельеф и унаследованный ледниковый морфогенез, в зарубежной литературе характеризуются термином *glaciokarst* (в словном переводе – гляциокарст) [Žebre, Stepišník, 2016]. Взаимодействие гляциальных и карстовых процессов изучается как в областях, где современное оледенение накладывается на карстующиеся породы [Adamson et al., 2014], так и в карстовых районах, подвергавшихся оледенению в периоды ледниковых эпох плейстоцена [Veress et al., 2019]. В фокусе исследований находятся вопросы непосредственного воздействия тела ледника на карстовый рельеф и особые условия карстообразования, имеющие место в пределах перигляциальных зон.

В русскоязычной научной литературе термин гляциокарст практически не используют. В отдельных работах гляциокарстом называют термокарст, сформированный вследствие вытаивания погребенного льда на этапе дегляциализации покровного оледенения [Колька, 1998]. Таким образом, в то время как за рубежом гляциокарсту посвящены полные монографии [Veress et al., 2019], в отечественной геоморфологии этот вопрос рассматривается недостаточно широко и весьма поверхностно. При этом интерес к карстовым районам территории России по данному аспекту определенно есть. Имеются отдельные публикации, посвященные взаимодействию ледников и карста для Кавказа, Горного Алтая [Veress et al., 2019], севера Европейской части России, по периферии Карского и Баренцевоморского ледниковых щитов [Astakhov et al., 1999], Архангельской области [Шаврина и др., 2007], Лагонакского нагорья [Остапенко, Криницкая, 2020], Кузнецкого Алатау [Дмитриев, Бородавко, 2001].

Взаимосвязь сезонных снежников и вечной мерзлоты с карстообразованием также отмечается разными исследователями. Для Главной гряды Крымских гор отмечено широкое распространение нивально-коррозионных колодцев, сформированных в периоды похолоданий плейстоцена, со скоростью образования 75 мм/год [Вахрушев, 2001]. В отношении карстообразования в условиях криолитозоны ранее считалось, что «мерзлота в коренных растворимых породах замедляет карстообразование, но не исключает его» [Городецкая и др., 1975]. Новые исследования показывают, что многолетняя мерзлота наоборот создает благоприятные условия для карстообразования, так Е.В. Трофимова на основании гидрохимических наблюдений по 127 речным бассейнам приходит к выводу, что для одинаковой скорости химической денудации в условиях вечной мерзлоты требуется почти в 2 раза меньше атмосферных осадков, чем без нее [Трофимова, 2006].

Настоящая работа посвящена изучению морфологии, морфометрии и пространственного распределения ледникового, нивального и карстового рельефа в Патынском карстовом подрайоне (Горная Шория), а также оценке перспективности данного района для изучения форм и условий образования гляциокарста.

Объекты и методы исследования

На основе анализа аэрофотоснимков, топографических карт сопоставления границ плейстоценового оледенения с соседними горными районами (Горный Алтай и Кузнецкий Алатау) в Горной Шории выделены четыре обособленных района, перспективных в вопросах поиска следов оледенения последнего ледникового максимума: Изыгашский, Культайгинский, Улутагский, Сынташский (рис. 1). Из перечисленных районов в территорию развития карбонатных образований венда-раннего кембрия, способствующих карстообразованию, попадают два: Культайгинский и Улутагский.

В пределах Культайгинского района расположен Патынский карстовый подрайон. Он представляет собой обособленный горный массив площадью около 100 км², известный у спелеологов России обилием пещер. В период последней ледниковой эпохи Патынский массив подвергался оледенению, на что обращал внимание В.В. Вдовин [1988], отмечавший на данной территории развитие экзарационного рельефа. Нижняя граница оледенения в массиве горы Патын не была ранее определена.

Летом 2017 г. в пределах Культайгинского карстового района в массиве горы Патын проводились маршрутные геоморфологические исследования как на поверхности, так в естественных карстовых полостях.

В маршрутных выходах методами полевых геоморфологических исследований [Спиридонов, 1970] изучен ледниковый и нивальный рельеф массива выше отметки 1000 м н.у.м. на южном, западном и восточном склонах.

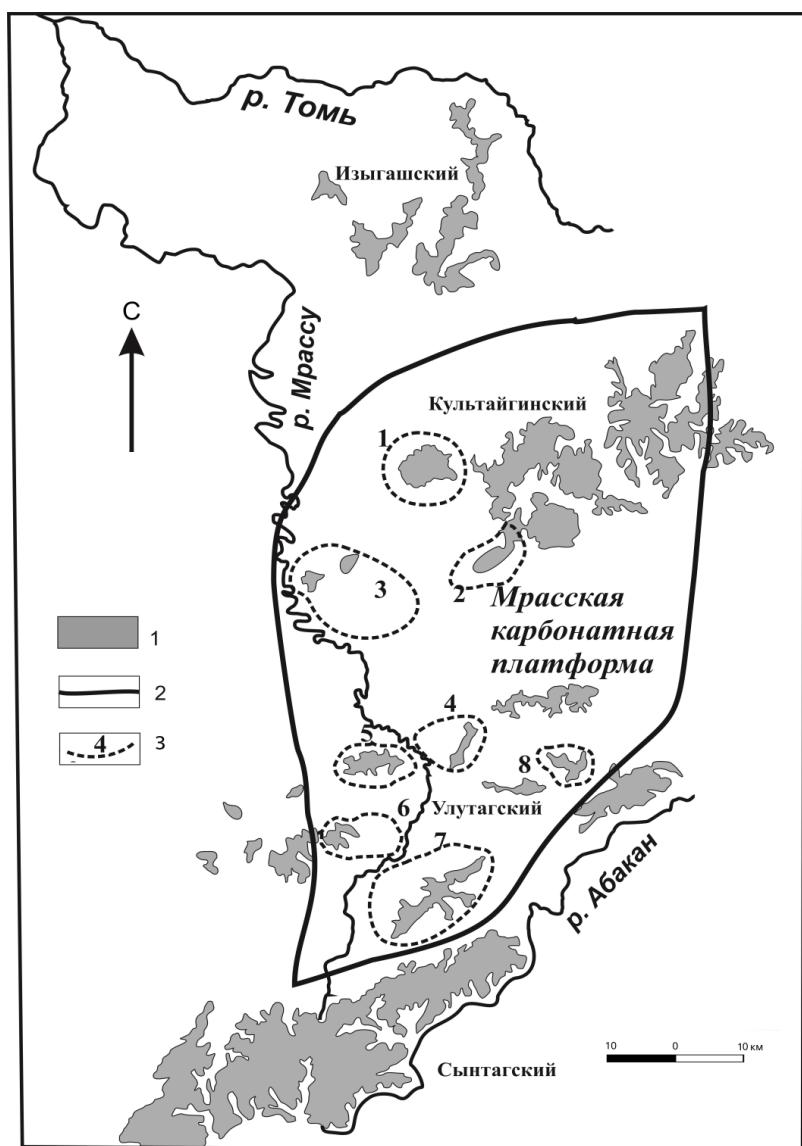


Рис. 1. Участки плейстоценового оледенения на территории распространения карстующихся пород Горной Шории: 1 – районы горного оледенения (по В.В. Вдовину);

2 – примерная граница развития карстующихся карбонатных отложений венда-раннего кембрия; 3 – спелеологические районы Горной Шории [Гутак и др., 2012].

Цифрами на схеме обозначены: 1 – Патынский карстовый подрайон,

2 – Верхне-Кабырзинский карстовый участок, 3 – Азасский карстовый участок, 4 – Кизасский карстовый участок, 5 – Северо-Улутагский, Южно-Улутагский и Мазасский карстовые участки, 7 – Адиаксинский, Эрги-Сайский карстовые участки, 8 – Верхне-Узасский карстовый участок

Fig. 1. Areas of Pleistocene glaciation within territory of karst rocks in Mountain Shoria:

1 – areas of mountain glaciation, by the V.V. Vdovin; 2 – the probable boundary of distribution of vendian – early cambrian carbonate sediments. The numbers indicate the speleological regions of Gornaya Shoria, by the [Гутак и др., 2012]. The numbers on the diagram indicate:

1 – the Patyn karst subarea, 2 – the Upper Kabyrzinsky karst site, 3 – the Azas karst site,

4 – the Kizas karst site, 5 – the North Ulutag karst site, 6 – the South Ulutag, the Mazas karst areas, 7 – Adiaksinsky, Ergi-Saysky karst sites, 8 – Verkhne-Uzassky karst site

Описана морфометрия экзарационных и аккумулятивных морфоскульптур, литология моренных и надморенных отложений. Карстовый рельеф массива изучен на основе прямых спелеологических изысканий. Производилось определение масштабов карстовой гидросистемы района, картирование поверхностного и подземного карста. В статье суммированы результаты многолетней работы спелеологов Новокузнецка (клуб «Плутон») и других городов: Междуреченск (Мошкин В.В., Егорова Г.Н., Величко С.В., Сережкин А.В., Чигряй Л.И.), Новосибирск (Максимов Г.М.). Данные о координатах и простирации карстовых и ледниковых форм систематизированы в геоинформационной системе Quantum GIS.

Результаты и обсуждение

Патынский массив в геоморфологическом отношении относится к Восточно-Шорскому району Алатауско-Шорского нагорья. Район характеризуется среднегорным, сильно расчленённым рельефом с максимальной высотой 1627 м н.у.м. Ландшафты на склонах преимущественно таежные, сменяющиеся гольцовыми на вершине массива. Повсеместное развитие таежной растительности обуславливает слабую геоморфологическую изученность района и недостаточность данных о проявлении денудационных процессов [Вдовин, 1988]. Южный склон массива на подветренных участках оstepнен, что позволяет производить поиск и описание ледниковых морфоскульптур.

Рельеф массива с одной стороны определяется выходами магматических интрузий, обеспечивших избирательную денудацию, а с другой стороны – длительным влиянием ледниковых процессов. Геоморфологическая схема массива представлена на рис. 2.

Экзарационные склоны и поверхности являются основным морфогенетическим типом денудационного рельефа на данной территории. Основной водораздел массива имеет вид трехлучевой звезды с разнонаправленными отрогами второго порядка. Свообразием экзарационного рельефа в массиве Патын является то, что отроги второго порядка ближе к периферии массива несут больше следов экзарации, в то время как центральные гребни массива часто имеют вид пологонаклонных широких водораздельных поверхностей. Отроги второго порядка имеют узкие пирамидальные, местами скалистые зубчатые гребни и полукольцом охватывают долины, содержащие моренный материал.

На северном, западном и южном склонах массива развиты широкие удлиненные ледниковые долины, часто многоступенчатые, а восточный, подветренный склон, аккумулировавший наибольшее количество атмосферных осадков, сформирован одним крупным цирком, площадью около 7,7 км². Массив горы Патын в этом отношении является наглядной иллюстрацией закономерности, сформулированной Л.Н. Ивановским [1981], о том, что кары под влиянием деятельности метелевого питания на самых различных высотах могут развиваться один над другим. Подобные формы рельефа были названы им ступенчатыми каровыми долинами. Ледниковые долины массива горы Патын в верховьях имеют вид широких блюдцеобразных пологосклонных логов, с выраженными ледниково-обусловленными уступами-ступенями на днище и уступами-тримлайнами по боковым краям долин. Здесь отмечается скопление бараньих лбов и курчавых скал. В верховьях долин, ближе к центральным осям водосборов отдельные интрузии срезаны льдом до уровня современной дневной поверхности так, что образовались крутопадающие зеркала скольжения с ледниковой штриховкой и без нее. Участки долин, примыкающие к моренным отложениям, имеют следы ледниковой обработки: скальное, отпрепарированное ложе, коренные выходы срезаны и отшлифованы, имеются эрратические валуны диаметром до 2–2,5 м, нагроможденные в хаотическом порядке.

В экспедиции 2017 г. был детально изучен ледниковый комплекс рельефа на западной части южного склона главного водораздела массива. Водораздельная

возвышенность между истоками рек Чебалсу и Айзак уплощена, слабо наклонена на восток и ограничена крутыми склонами с узкой бровкой. Плоскость водораздела здесь имеет ширину 450–300 м. На подветренном юго-западном склоне на высотах 1100–1180 м н.у.м. расположен крупный моренный комплекс из береговых и фронтальных моренных валов. Данные аккумулятивные ледниковые формы хорошо выражены в рельефе (рис. 3). Береговые морены сложены скоплением глыб, валунов и щебня. Обломочный материал обработан в форме ледогранников, с характерной утюгообразной, заметно огранённой, формой. Такие огранённые фасеты свидетельствуют о длительной экзарации валунов в относительно зафиксированном состоянии [Рудой, Русанов, 2012]. Фронтальные морены сложены преимущественно дресвяно-щебнисто-супесчанным материалом.

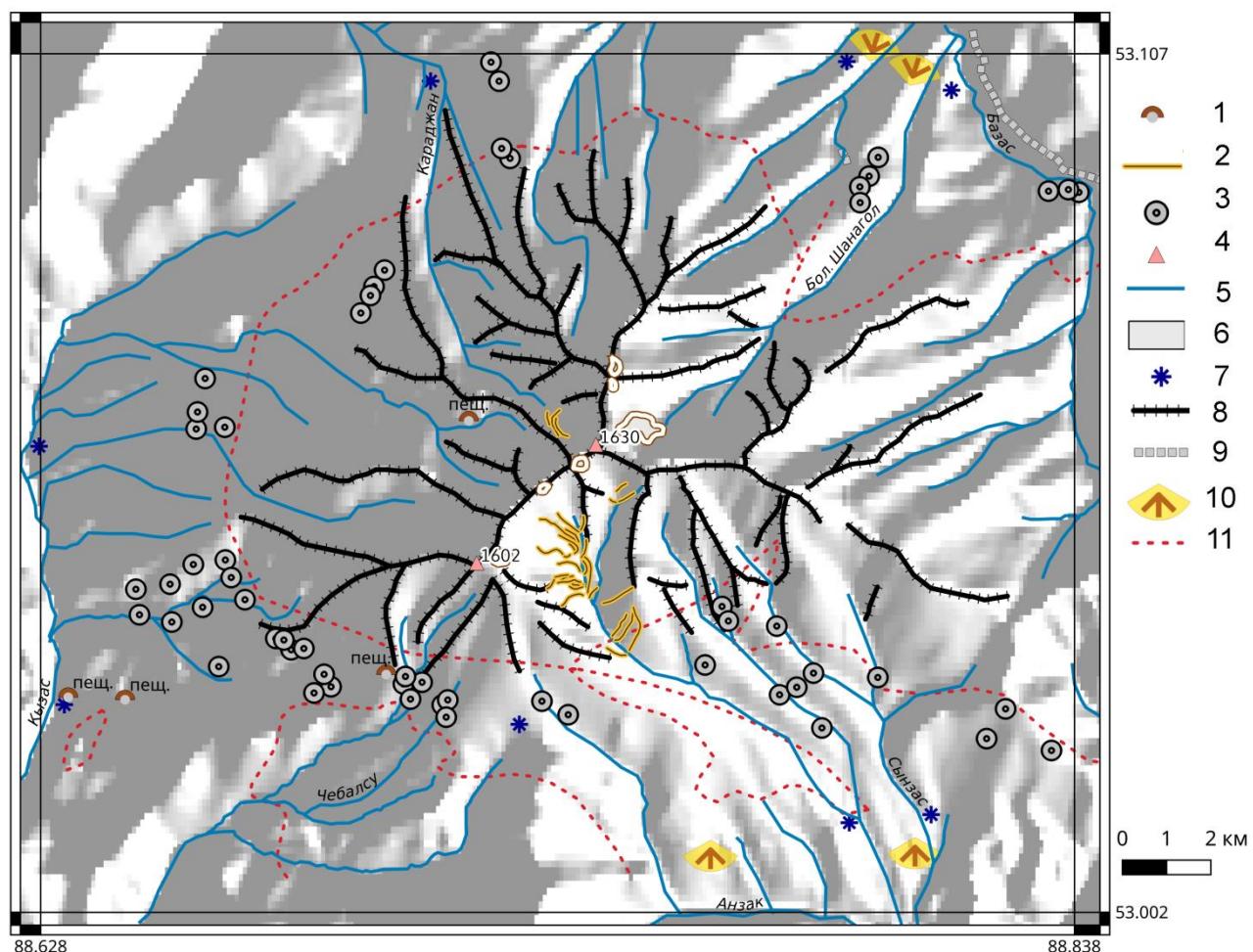


Рис. 2. Схема расположения ледникового и карстового рельефа в массиве горы Патын:
 1 – пещеры; 2 – моренные валы; 3 – поноры, карстовые воронки; 4 – вершины массива;
 5 – реки; 6 – раннелетние снежники со сроком залегания снега не менее 250 дней в году;
 7 – воклюзы; 8 – осевые гребни; 9 – скалы в долине реки Базас; 10 – конусы выноса,
 обозначенные на карте четвертичных отложений [Государственная геологическая карта..., 2001];
 11 – контакт карстующихся и магматических пород

Fig. 2. Geomorphological scheme of the Patyn mountain massif. 1 – caves; 2 – moraines; 3 – ponors, karst sinkholes; 4 – tops of the array; 5 – rivers; 6 – early summer snowfields with a period of snow at least 250 days a year; 7 – karst springs; 8 – axial ridges; 9 – rocks in the valley of the Bazas river; 10 – alluvial fans marked on the Quaternary deposits map, by the [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 200000. Sheet N-45-XXIX (Ust-Kabyrza), 2001]; 11 – contact between karst and igneous rocks

Возраст описанных морен, с одной стороны, ограничивается временем образования вмещающих их экзарационных форм рельефа, а с другой, – возрастом перекрывающих отложений. Все описанные мореные валы перекрыты покровными суглинками (лессовыми отложениями) мощностью 20–30 см. Лессовые отложения являются важным стратиграфическим маркером неоплейстоцена. Для территории Западной Сибири стратиграфическая схема лессо-почвенной последовательности детально изучена и упорядочена [Зыкина, Зыкин, 2012]. Небольшая мощность лессового слоя и хорошая выраженность морен в рельефе свидетельствует об их относительной молодости – они отложились не позднее сартанского ледникового времени.

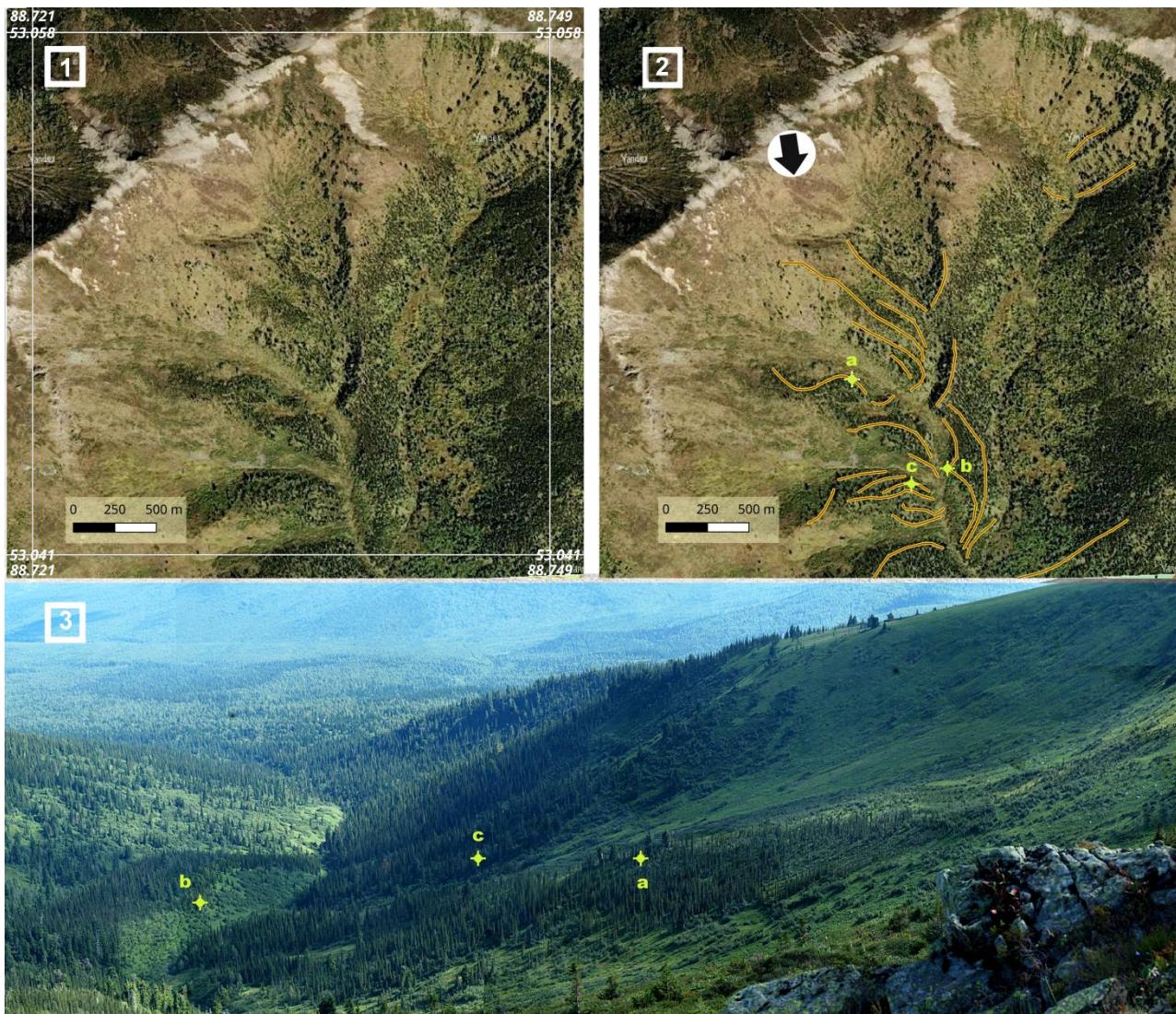


Рис. 3. Ледниковый рельеф южного склона массива горы Патын: 1 – космический снимок западной половины южного склона [Яндекс.Карты, 2019]; 2 – космический снимок с обрисованными моренными валами, стрелкой показаны точка и направление съемки обзорной фотографии 3, точки *a*, *b*, *c* даны для сопоставления обзорной фотографии с космическим снимком; 3 – обзорная фотография моренного комплекса, на которой положение точек *a*, *b*, *c* аналогично точкам на аэрофотоснимке

Fig. 3. Glacial relief of the southern slope of the Patyn mountain massif: 1 – satellite image of the western half of the southern slope [YandexMaps, 2019]; 2 – a satellite image with drawn moraine shafts, the arrow shows the point and direction of the overview photograph 3, points *a*, *b*, *c* are given to compare the overview photograph with a satellite image; 3 – overview photograph, points *a*, *b*, *c* are similar to points on an aerial photograph

Рельеф восточной части южного склона массива был описан по данным ДЗЗ на основе экстраполяции данных прямых полевых исследований. Непосредственно под вершиной массива, в южный склон врезан ледниковый кар (площадью около $0,5 \text{ км}^2$) экспозицией юг-юго-восток, переходящий в долину южной экспозиции. На высоте около 1000 м н.у.м. данную долину замыкает моренный комплекс, состоящий из двух моренных валов высотой 5–8 м относительно окружающего рельефа. Проксимальные склоны валов заняты лесной растительностью, дистальные оголены, в результате чего моренный рельеф различим на космических снимках, несмотря на малые перепады высот. Восточнее в южный склон массива врезаны еще две горные долины протяженностью по 1,5 км, которые на высоте около 1000 м н.у.м. замыкаются холмисто-грядовым рельефом (по данным ДЗЗ, полевых исследований на этих участках не велось).

На основе расположения экзарационных и моренных форм рельефа, выявленных на южном склоне горы Патын, можно реконструировать четыре ранее существовавших ледника. Ледник, занимавший западную часть южного склона массива, по своей морфологии близок к леднику конических вершин [Окищев, 2017]. Он давал три языка, спускавшихся по подветренному склону. Из кара под вершиной массива выходил долинный ледник, длина которого была не менее 2,5 км. Восточнее на южном склоне г. Патын развивались два карово-долинных ледника длиной до 1,5 км.

Границу максимального продвижения оледенения в массиве горы Патын на настоящий момент точно установить не удалось. Весь описанный моренный рельеф расположен в зоне развития экзарационного рельефа и никак не может маркировать границу оледенения в период максимального его развития. В месте впадения ручьев с южного склона массива в реки Анзак и Сынзас, на абсолютных отметках около 700 м на топографических картах масштаба 1: 25 000 вычленяется всхолмленный участок с пятью отдельными валами, четыре из них полукольцом перегораживают долину, так что ручьи петляют, огибая валы. Понижения за валами местами заболочены. На геологической карте четвертичных образований [Государственная геологическая карта..., 2001] эти отложения отмечены и обозначены как конусы выноса (см. рис. 2), но их детальное описание в геологических отчетах отсутствует. Данные формы рельефа, по нашей интерпретации, вполне могут соответствовать конечным моренам. Идентификация указанных валов как конусов выноса нам представляется маловероятной, поскольку морфология данных форм не свойственна конусам выноса, но типична для ледниковых форм. В то же время, без проверки этого предположения наземными исследованиями, наши заключения следует рассматривать как предварительные.

В соседнем горном районе Кузнецкого Алатау морены максимума последней поздненеоплейстоценовой ледниковой эпохи выдвигаются в долины магистральных рек до абсолютных высот 720 м н.у.м. [Adamenco et al., 2015]. Для всей северо-западной периферии Алтае-Саянской горной страны имеются свидетельства развития карового, горно-долинного оледенения, с расположением конечных морен на абсолютных высотах до 500–600 м н.у.м. [Щукина, 1960; Буров, 1964; Окишев, Дмитриев, 1987]. Учитывая, что традиционный морфологический метод оценки не дает однозначной и достоверной картины распространения ледников [Рудой, Русанов, 2012], детальные реконструкции максимальных размеров ледников массива горы Патын требуют дальнейших полевых исследований с целью изучения литологии, стратиграфии и абсолютного датирования спорных по генезису форм рельефа. На данном этапе изучения вопроса можно достоверно утверждать о наличии в массиве Патына двух генераций позднеплейстоценовых морен, указывающих на продвижение ледников до отметок 1000 м н.у.м.

В настоящее время Патынский массив полностью лишен современного оледенения, однако процессы нивации широко развиты. По данным анализа космоснимков [Landsat-look Viewer] за 2015–2017 гг. средние сроки залегания снежного покрова в пределах

гольцовой зоны массива составляют 233 дня в год. На восточном склоне и подветренных участках в привершинной части развиты раннелетние снежники, существующие более 250 дней в году (в отдельные годы до 300 дней). Границы раннелетних снежников на местности соответствуют сформированным нивальным нишам (см. рис 2).

Карстовые процессы в массиве горы Патын связаны с карбонатными отложениями венда-нижнего кембрия (кабырзинская, западно-сибирская, белкинская, усинская свиты) [Гутак и др., 2012]. С геологической точки зрения, массив представляет собой хорошо дифференцированный лополит изометрической формы, прорывающий карбонатные и вулканогенные отложения. Интрузивное тело сложено из различных по составу пород габбро, угол падения габбровой интрузии в краевых частях достигает 50–60 градусов [Кондраков, Возная, 2013]. Форма интрузивного тела подразумевает наличие карстующихся пород не только по периферии, но и под магматическими породами. Для таких массивов, включая г. Патын, свойственно также наличие трещин пластовой отдельности (параллельных куполу) и разрывных нарушений (радиальных). Границы между группами петрографических разновидностей пород и тектонические разрывы обуславливают просачивание поверхностных вод и повсеместное развитие карстовых процессов.

Мощность карстующихся пород массива от зоны контакта с интрузивными породами до уреза воды магистральных рек (Кызас, Базас, Сынзас) достигает 500 метров. Весь объем пород охвачен процессами карстообразования, карстовый рельеф развит на всех склонах массива, при этом наиболее закарстованным сектором является юго-западный склон (см. рис. 2). В низкогорной части района (400–900 м) карстовый рельеф представлен многочисленными эрозионно-коррозионными, провальными и суффозионными карстовыми воронками и понорами [Максимович, 1963]. Поверхностные карстовые формы локализованы по ложбинам стока в так называемых сухих логах, а также на слабонаклонных платообразных поверхностях. Многочисленные ручьи, берущие своё начало со склонов Патына, достигая зоны контакта интрузивных и карбонатных пород, переводят свой сток под землю, выходя в виде денудационных и трещинно-карстовых вод (воклюзов) в местах развития дизъюнктивных нарушений в долинах главных транзитных рек.

Наиболее изучен спелеологами юго-западный сектор. В геологических отчетах 1960–1970-х гг. упоминается пещера-источник Кызасская (рис. 4), которая является выводной частью (коллектором) подземной гидросистемы с амплитудой свыше 450 м. Из пещеры выходит большая часть воды, поглощающейся понорами и воронками западного и юго-западного склонов массива горы Патын.

В 1981 г. в километре от Кызасской была открыта пещера Юбилейная, которая представляет собой фрагмент древней (ныне не действующей) гидросистемы. Морфология подземных ходов и характер хемогенных отложений указывает на то, что полость находится в натечно-осыпной стадии развития. Широкие туннелеобразные галереи до 10 м в диаметре свидетельствуют, что активная проработка полости шла во время воклюзной стадии развития, в зоне горизонтальной циркуляции на уровне древнего базиса эрозии, не совпадающего с современным [Максимович, 1963]. Пещера Юбилейная отличается высокой эстетичностью из-за обилия хемогенных отложений и кристаллов. Длина ходов полостей более 1500 метров, глубина – 82 метра.

В 1994 г. был открыт вход в крупнейшую пещеру района, которой дали название Фантазия (см. рис. 4). Пещера Фантазия представляет собой сложную систему ходов субгоризонтального типа, с небольшой зоной вертикальной циркуляции (первые десятки метров) карстовых вод, образовавшихся в результате медленного смещения древнего базиса эрозии. Благодаря этому, в пещере можно проследить уровни горизонтальной проработки полости на разных гипсометрических отметках [Вдовин, 1988]. Длина ходов пещеры составляет больше 6 километров, глубина – 311 метров [Пещеры. Информационно-поисковая система, 2019]. В нижней части пещеры течет подземная река с расходом воды 40–60 л/с (в

паводок расход достигает 200 л/с), с множеством ручьев-притоков. Отдельные участки пещеры содержат обильные хемогенные натечные образования. Дальнейший путь вниз по подземной реке преграждает Четвертый сифон (всего их в пещере 4, ни один пока не пройден). Близкое залегание ходов пещеры относительно зоны контакта карбонатных и интрузивных пород отразилось в петрографическом составе в виде многочисленных даек, «прорезающих» карбонатные породы.

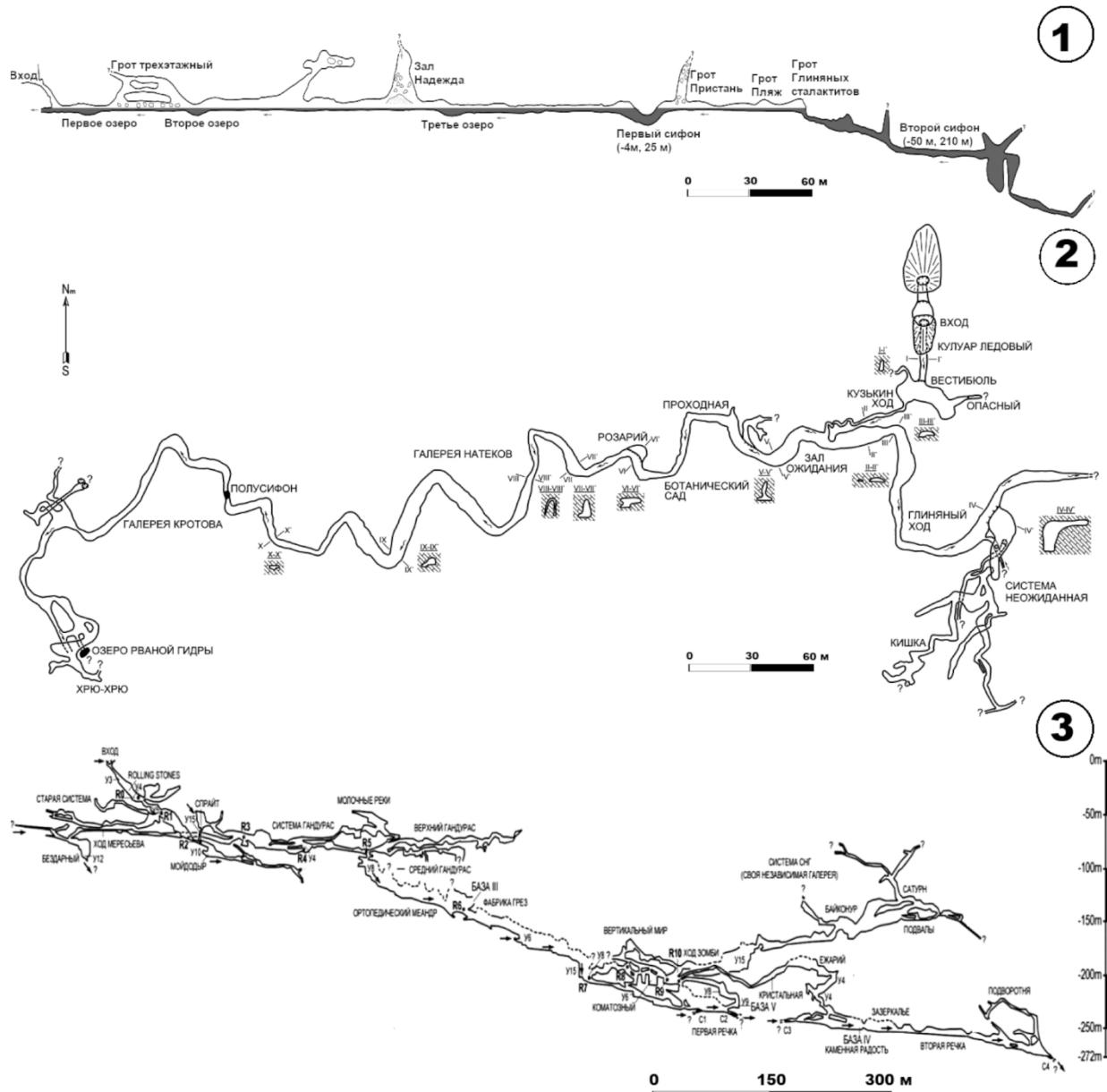


Рис. 4. Схемы пещер Патынского массива: 1 – разрез – развертка пещеры Кызасская. Топосъемка выполнена спелеологами клуба Плутон г. Новокузнецк, Григорьевым О., обработка данных выполнена Величко С.В.; 2 – план пещеры Юбилейная. Топосъемка выполнена Мошкиным В., Рыбальченко В., Егоровой Г., обработка данных выполнена Величко С.В.; 3 – разрез-развертка пещеры Фантазия. Полуинструментальная съемка выполнена Величко С.В., Егоровой Г.

Fig. 4. Schemes of the caves of the Patyn massif: 1 – Section of the Kyzasskaya cave. Topographic survey was performed by cavers of the speleological club "Pluto" (Novokuznetsk) and O. Grigoryev, data processing was made by S. Velichko; 2 – Plan of the cave Yubileinaya. The survey was performed by V. Moshkin, V. Rybalchenko, G. Egorova, data processing was made by S. Velichko; 3 – Section of the Fantasy cave. Semi-instrumental shooting performed Velichko S.V., Egorova G.

17 июля 2017 г., во время комплексной спелеологической экспедиции на территорию юго-западного сектора горы Патын, на дне пещеры Фантазия, при участии одного из соавторов статьи (Ковалёв Р.) в Четвертый сифон был запущен краситель (флуоресцеин натрия). Заблаговременно в пещере-источнике Кызасская были установлены ловушки для улавливания красителя, которые менялись ежедневно. 21 июля удалось визуально зафиксировать концентрированный выход красителя из пещеры Кызасская, который преодолел 3,8 км по прямой. Рассчитанная средняя скорость продвижения красителя составила 39,58 м/час. Краска вышла через четверо суток, острый пиком, не растянулась по гидросистеме, благодаря чему мы можем предполагать, что морфология и сечение подземных каналов достаточны, чтобы пройти систему Фантазия – Кызасская спелеологами, картографировать ее и экстраполировать на поверхность массива.

Помимо трех самых больших пещер здесь был открыт ряд более мелких поверхностных карстовых объектов и небольших пещер, указанных на рис. 2. Они с разной долей вероятности могут вывести в неизвестные части подземной гидросистемы юго-западного сектора горы Патын. Указанные карстовые формы сконцентрированы вблизи абсолютных отметок 950–1050 м и окаймляют область активного развития ледникового рельефа. Географическое соседство настолько тесное, что нам кажется очевидным то обстоятельство, что при деградации ледников в позднеледниковые высвобождавшийся объем пресной воды оказывал влияние на формирование отдельных групп крупных поверхностных форм и подземных карстовых пустот. Наличие в районе древних палеокарстовых галерей, лишенных современного гидрологического функционирования, также подтверждает это.

Заключение

В массиве г. Патын морены древних ледников зафиксированы на абсолютных высотах до 1000 м. Существует ряд фактов, которые косвенно указывают на возможное продвижение ледников до абсолютных отметок 650–550 м, а именно: большая область развития экзарационного рельефа, расположение здесь аккумулятивных форм, обозначенных на геологической карте как «конусы выноса», которые могут являться моренами. Проведенные спелеологические исследования доказали существование глубокой подземной гидросистемы с перепадом высот выше 450 м, включающей в себя пещеры Фантазия и Кызасская. В массиве горы Патын карстовый рельеф оконтуривает древний ледниковый рельеф. Граница интрузивных и карстующихся пород проходит вблизи абсолютных отметок 950–1050 м. К этой же высотной зоне приурочены и конечные морены, обнаруженные нами. Наличие одновременно карстовых форм и следов древнего оледенения даёт возможность получения палеогеографической информации методами гляциальной геоморфологии и карстоведения, что делает массив горы Патын перспективным районом для изучения палеогеографии плейстоцена. Массив горы Патын также перспективен для поиска гляциокарстовых форм рельефа и изучения влияния ледников на процессы карстообразования.

Авторы выражают благодарность заведующей кафедрой географии Томского государственного университета профессору Евсеевой Нине Степановне за ценные советы и замечания по улучшению статьи. Мы также признательны всем участникам Новокузнецкого городского клуба спелеологов «Плутон» за помощь в проведении экспедиционных исследований.

Список использованных источников

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 2001. Масштаб 1:200000. Лист N-45-XXIX (Усть-Кабырза). Серия Кузбасская. Издание второе. Объяснительная записка. Новокузнецк, 227 с.

3. Окишев П.А. 2017. Горные ледники и морфоскульптура ледниковых отложений. Томск, Издательство ТГУ, 208 с.
4. Пещеры. Информационно-поисковая система. Электронный ресурс. URL: <https://speleoatlas.ru/caves/> (дата обращения: 02.10.2019).
5. Спиридов А.И. 1970. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картографирования. М., Издательство «Высшая Школа», 456 с.
7. Яндекс карты. Электронный ресурс. URL: <https://yandex.ru/maps> (дата обращения: 02.10.2019).
8. Landsatlook Viewer. Electronic resource. URL: andsatlook.usgs.gov/viewer.html (date of the application: 02.10.2019).

Список литературы

1. Буров В.П. 1964. Кары в верхнем течении р. Томи (Кузнецкий Алатау). В кн.: Гляциология Алтая. Т. 3. Томск, Издательство Томского Университета: 208–211.
2. Вахрушев Б.А. 2001. Палеогеография Крыма в свете новейших карстологических исследований. Культура народов Причерноморья, 17: 11–18.
3. Вдовин В.В. 1988. Кузнецко-Салаирская провинция. В кн.: Рельеф Алтае-Саянской горной области. Новосибирск, Наука: 40–71.
4. Городецкая М.Е., Лазуков Г.И., Коржуев С.С., Олюнин В.Н., Чичагов В.П. 1975. Равнины и горы Сибири. М., Наука, 352 с.
5. Гутак Я.М., Величко С.В., Каучакова Е.Е., Разволяев Д.О. 2012. Геологические памятники природы Кемеровской области: Пещеры бассейна реки Мрассу (Горная Шория). Новокузнецк, Кузбасская государственная педагогическая академия, 140 с.
6. Дмитриев В.Е., Бородавко К.С. 2001. Июсское ледниково-подпрудное озеро. География и природопользование в Сибири, 4: 269–276.
7. Зыкина В.С., Зыкин В.С. 2012. Лессо-почвенная последовательность и эволюция природной среды и климата Западной Сибири в плейстоцене. Новосибирск, Издательство «Гео», 477 с.
8. Ивановский Л.Н. 1981. Гляциальная геоморфология гор (на примере Сибири и Дальнего Востока). Новосибирск, Наука, 173 с.
9. Колька В.В. 1998. Мунозерская островная возвышенность. Вестник Мурманского государственного технического университета, 3 (1). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/munozerskaya-ostrovnaya-vozvyshenost> (дата обращения: 20.05.2019).
10. Кондраков А.Н., Возная А.А. 2013. Минеральные ресурсы недр Кемеровской области. В кн.: Металлические полезные ископаемые. Кемерово, Издательство Кузбасского государственного технического университета, 290 с.
11. Максимович Г.А. 1963. Основы карстоведения: Вопросы морфологии карста, спелеологии и гидрогеологии карста. Т. 1. Пермь, Пермское книжное издательство, 445 с.
12. Окишев П.А., Дмитриев В.Е. 1987. Плейстоценовые оледенения Кузнецкого Алатау. В кн.: Ледники и климат Сибири. Томск, Издательство Томского Государственного университета: 90–93.
13. Остапенко А.А., Крицкая О.Ю. 2020. Влияние горного оледенения на развитие карста Лагонакского нагорья. В кн.: Региональные географические исследования. Краснодар, Издательство Кубанского государственного университета: 66–71.
14. Рудой А.Н., Русанов Г.Г. 2012. Последнее оледенение Северо-Западного Алтая. Томск, Издательство НТЛ, 240 с.
15. Трофимова Е.В. 2006. Карстовая денудация на территории Сибири и Дальнего Востока: особенности современного развития. Геоморфология, 3: 78–84. DOI: 10.15356/0435-4281-2006-3-78-84
16. Шаврина Е.В., Малков В.Н. Гуркало Е.И. 2007. Роль материковых оледенений в развитии карста Европейского севера России. Северный Спелео Альманах. URL: http://www.nordspeleo.ru/cca/cca_7/rol_7.htm (дата обращения: 02.10.2019).
17. Щукина Е.Н. 1960. Закономерности размещения четвертичных отложений и стратиграфия их на территории Алтая. Труды ГИН, 26: 127–164.

18. Adamenko M.M., Gutak Y.M., Solomina O.N. 2015. Glacial history of the Kuznetsky Alatau mountains. *Environmental Earth Sciences*, 74 (3): 2065–2082.
19. Adamson K.R., Woodward J.C., Hughes P.D. 2014. Glaciers and rivers: Pleistocene uncoupling in a Mediterranean mountain karst. *Quaternary Science Reviews*, 94: 28–43.
20. Astakhov V., Inge Svendsen J., Matiouchkova O., Tveranger J. 1999. Marginal formations of the last Kara and Barents ice sheets in northern European Russia. *Boreas*, 28 (1): 23–45.
21. Veress M., Loczy D., Telbisz T., Ruban D.A., Gutak Ya.M. 2019. *Glaciocarst*. Switzerland, Springer Nature, 516 p.
22. Žebre M., Stepišnik U. 2016. Glaciokarst geomorphology of the Northern Dinaric Alps: Snežnik (Slovenia) and Gorski Kotar (Croatia). *Journal of Maps*, 12 (5): 873–881.

References

1. Burov V.P. 1964. Kary v verhnem techenii r. Tomi (Kuzneckij Alatau). [Cirques in the upper course of the river. Tomi (Kuznetsky Alatau)]. In: *Glyaciologya Altaya*. V. 3. Tomsk, Publishing House Tomskogo Universiteta: 208–211.
2. Vahrushev B.A. 2001. *Paleogeografiya Kryma v svete novejshih karstologicheskikh issledovanij* [Paleogeography of Crimea in the light of the latest karstological research]. Kul'tura narodov Prichernomor'ya, 17: 11–18.
3. Vdovin V.V. 1988. Kuznecko-Salairskaya provinciya. V kn.: *Rel'ef Altae-Sayanskoy gornoj oblasti* [Kuznetsk-Salair province. In: Relief of the Altai-Sayan mountainous region]. Novosibirsk, Publ. Nauka: 40–71.
4. Gorodeckaya M.E., Lazukov G.I., Korzhuev S.S., Olyunin V.N., Chichagov V.P. 1975. *Ravniny i gory Sibiri* [Plains and mountains of Siberia]. Moscow, Publ. Nauka, 352 p.
5. Gutak Ya.M., Velichko S.V., Kauchakova E.E., Razvolyaev D.O. 2012. *Geologicheskie pamyatniki prirody Kemerovskoj oblasti: Peshchery bassejna reki Mrassu (Gornaya Shoriya)* [Geological natural monuments of the Kemerovo region: Caves of the Mrassu river basin (Gornaya Shoria)]. Novokuzneck, Kuzbasskaya gosudarstvennaya pedagogicheskaya akademiya, 140 p.
6. Dmitriev V.E., Borodavko K.S. 2001. *Iyusskoe lednikovo-podprudnoe ozero* [Iyusskoe glacial-dammed lake]. *Geografiya i prirodopol'zovanie v Sibiri*, 4: 269–276.
7. Zykina V.S., Zykin V.S. 2012. *Lesso-pochvennaya posledovatel'nost' i evolyuciya prirodnogo sredy i klimata Zapadnoj Sibiri v pleistocene* [Loess-soil sequence and evolution of the natural environment and climate of Western Siberia in the Pleistocene]. Novosibirsk, Publishing House Geo, 477 p.
8. Ivanovskij L.N. 1981. *Glyacial'naya geomorfologiya gor (na primere Sibiri i Dal'nego Vostoka)* [Glacial geomorphology of mountains (on the example of Siberia and the Far East)]. Novosibirsk, Publ. Nauka, 173 p.
9. Kolka V.V. 1998. *Munozerskaya ostrovnyaya vozvyshennost* [Munozero Island Upland]. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 3 (1). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/munozerskaya-ostrovnyaya-vozvyshennost> (date of access: 20.05.2019).
10. Kondrakov A.N., Voznaya A.A. 2013. *Mineral'nye resursy nedr Kemerovskoj oblasti*. V kn.: *Metallicheskie poleznye iskopaemye* [Mineral resources of the bowels of the Kemerovo region. In: Metallic minerals]. Kemerovo, Publishing House Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 290 p.
11. Maksimovich G.A. 1963. *Principles of karst science: Questions of karst morphology, speleology and hydrogeology of karst*. Perm', Publishing House Permskoe knizhnoe izdatel'stvo, 445 p. (in Russian)
12. Okishev P.A., Dmitriev V.E. 1987. *Pleistocenovye oledeneniya Kuzneckogo Alatau*. V kn.: *Ledniki i klimat Sibiri* [Pleistocene glaciations of the Kuznetsk Alatau. In: Glaciers and climate of Siberia]. Tomsk, Publishing House Tomskogo Gosudarstvennogo universiteta: 90–93.
13. Ostapenko A.A., Krickaya O.Yu. 2020. *Vliyanie gornogo oledeneniya na razvitiye karsta Lagonakskogo nagor'ya*. [The influence of mountain glaciation on the development of the karst of the Lagonaki highlands]. In: *Regional'nye geograficheskie issledovaniya* [Regional Geographic Studies]. Krasnodar, Publishing House Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta: 66–71
14. Rudoj A.N., Rusanov G.G. 2012. *The last glaciation of North-Western Altai Mountains*. Tomsk, Publishing House NTL, 240 p. (in Russian)

15. Trofimova E.V. 2006. Karst of Siberia and the far east: estimation of the recent development. *Geomorfologiya*, 3: 78–84. DOI: 10.15356/0435-4281-2006-3-78-84 (In Russian)
16. Shavrina E.V., Malkov V.N., Gurkalo E.I. 2007. Rol materikovykh oledeneniy v razvitiu karsta Evropeyskogo severa Rossii [The role of continental glaciations in the development of karst in the European North of Russia]. *Severnyy Speleo Almanakh*. URL: http://www.nordspeleo.ru/cca/cca_7/rol_7.htm (date of access: 02.10.2019).
17. Shchukina E.N. 1960. Zakonomernosti razmeshcheniya chetvertichnyh otlozhenij i stratigrafiya ih na territorii Altaya [Regularities in the distribution of Quaternary sediments and their stratigraphy on the territory of Altai]. *Trudy GIN*, 26: 127–164.
18. Adamenko M.M., Gutak Y.M., Solomina O.N. 2015. Glacial history of the Kuznetsky Alatau mountains. *Environmental Earth Sciences*, 74 (3): 2065–2082.
19. Adamson K.R., Woodward J.C., Hughes P.D. 2014. Glaciers and rivers: Pleistocene uncoupling in a Mediterranean mountain karst. *Quaternary Science Reviews*, 94: 28–43.
20. Astakhov V., Inge Svendsen J., Matiouchkova O., Tveranger J. 1999. Marginal formations of the last Kara and Barents ice sheets in northern European Russia. *Boreas*, 28 (1): 23–45.
21. Veress M., Loczy D., Telbisz T., Ruban D.A., Gutak Ja.M. 2019. *Glaciocarst*. Switzerland, Springer Nature, 516 p.
22. Žebre M., Stepišnik U. 2016. Glaciokarst geomorphology of the Northern Dinaric Alps: Snežnik (Slovenia) and Gorski Kotar (Croatia). *Journal of Maps*, 12 (5): 873–881.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Адаменко Марина Михайловна, кандидат географических наук, доцент кафедры геологии, геодезии и безопасности жизнедеятельности института горного дела и геосистем Сибирского государственного индустриального университета, г. Новокузнецк, Россия

Гутак Ярослав Михайлович, профессор, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой геологии, геодезии и безопасности жизнедеятельности института горного дела и геосистем Сибирского государственного индустриального университета, г. Новокузнецк, Россия

Ковалёв Роман Александрович, ассистент кафедры геоэкологии и географии Новокузнецкого института (филиала) Кемеровского государственного университета, аспирант кафедры географии Национального исследовательского Томского государственного университета, г. Новокузнецк, Россия

Величко Сергей Владимирович, педагог Новокузнецкого городского клуба спелеологов «Плутон», г. Новокузнецк, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Marina M. Adamenko, PhD in Geography, Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Life Safety of Institute of Mining and Geosystems of Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Yaroslav M. Gutak, Professor, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of the Department of Geology, Geodesy and Life Safety, Institute of Mining and Geosystems, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Roman A. Kovalev, Assistant of the Department of Geoecology and Geography of the Novokuznetsk Institute (Branch) of Kemerovo State University, Postgraduate Student of the Department of Geography of the National Research Tomsk State University, Novokuznetsk, Russia

Sergey V. Velichko, teacher of Novokuznetsk city club of speleologists "Pluton", Novokuznetsk, Russia