

Е.В. Дробинина, А.А. Ежова, И.В. Бадьянова
Пермский государственный национальный
исследовательский университет, Пермь

ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТНОГО КАРСТА ВБЛИЗИ ПРИКОНТАКТОВЫХ ЗОН ИНТРУЗИВНЫХ ТЕЛ (НА ПРИМЕРЕ СУТАРСКОГО КАРСТОВОГО РАЙОНА)

В статье рассматриваются особенности карстового процесса и его проявлений в приконтактных зонах интрузивных тел. На примере участка в окрестностях Лондоковского месторождения известняков (Малый Хинган) изучены минералогический и химический состав горных пород, в которых встречаются карстопроявления. Проведен детальный анализ архивных материалов. Горные породы отличаются высоким содержанием кальцита и наличием примеси кварца, свидетельствующей об их окремнении. Сделаны выводы, что современный карстовый процесс здесь пассивен. Широко развиты погребенные формы (воронки, полости, каверны), являющиеся преимущественно реликтами древнего карстообразования, сформированы, вероятнее всего, в чистых карбонатах в иных климатических условиях.

Ключевые слова: карст, карбонаты, зональность, горные районы.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2026.21

Карстовый процесс, протекающий на глубине и недоступный для наблюдения за ним, накладывает значительные сложности на оценку карстовой опасности, которая и в широко распространённых и изученных обстановках чревата неоднозначностью, что уж говорить, если речь идет о малоизученных территориях, где, к тому же, геологическое строение отличается значительной пестротой. Карст европейской части нашей страны весьма полно изучен и описан рядом отечественных исследователей. Например, в известных работах пермских карстоведов содержится исчерпывающее описание особенностей карста Пермского края (Катаев, Кадебская, 2010; Катаев и др., 2013; Максимович и др., 2021).

По архивным материалам (Карст..., 1959ф) и немногочисленным опубликованным работам (Юшманов и др., 2009; География ЕАО..., 2018) на Малом Хингане, к северной части которого относится изучаемый район, карст развит широко. Карст Малого Хингана выражен немногочисленными поверхностными формами: провалами, воронками, а также колодцами, полостями, пещерами, карстовыми источниками, исчезающими ручьями и реками. Все эти проявления связаны с древними

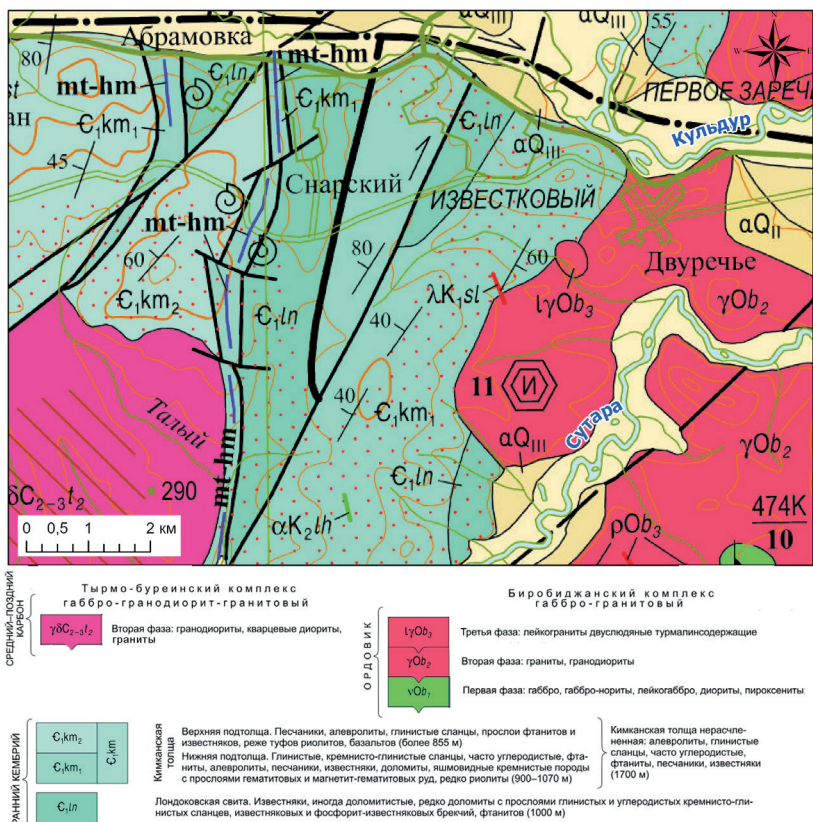


Рис. 1. Фрагмент листа М-52-XXX Государственной геологической карты масштаба 1:200000 в окрестностях пос. Известковый Еврейской автономной области

кембрийскими карбонатными породами лондоковской свиты известняков и мурандавской свиты доломитов (рис.1).

Район характеризуется отсутствием ярко выраженных поверхностных форм карста, однако авторами отчета (Карст...,1959ф) в разрезе пород выделены три вертикальных зоны развития карста: поверхностная, промежуточная и глубинная.

К *поверхностной зоне* (номенклатура приводится согласно архивному отчету (Карст...,1959ф)) отнесены отдельные проявления карста, встреченные непосредственно под рыхлыми отложениями до глубины 10-15 м. Здесь наблюдаются незаполненные полости и открытые трещины, стенки которых покрыты остаточными продуктами выщелачивания. Трещины частично заполнены натечным кальцитом и игольчатым

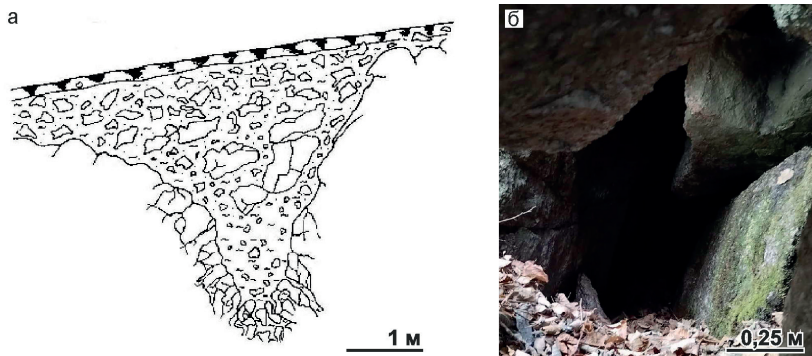


Рис. 2. Карстовые формы в районе изысканий: а – схема погребенных карстово-суффозионных воронок (Карст..., 1959ф); б – пещера

арагонитом, но чаще песчано-глинистым материалом. На слабо закарстованных участках преобладают трещины с терригенным заполнением, а на сильно закарстованных – системы линзовидных трещин, полостей и каверн, также часто заполненных дисперсным материалом. Интенсивное развитие трещин и полостей, тем не менее, не приводит к формированию крупных провальных форм.

На Лондоковском месторождении зафиксировано 12 погребенных карстовых воронок, из которых на поверхности выражены лишь две (рис. 2а). Воронки имеют вытянутую вдоль склонов форму шириной 0,5-5,0 м и длиной 3,0-30 м, глубиной до 4,5-5,0 м, где они переходят в зону сильно разрушенных, но сплошных известняков. Ниже встречаются отдельные сообщающиеся полости размером 0,2-0,7 м, частично заполненные глинистым материалом или известковым песком. Рыхлые отложения, выполняющие воронки, обычно представлены сверху вниз щебенисто-глыбовым делювием, суглинком коричневым, иногда вообще без примеси крупнообломочного материала, элювием известняков в виде щебня. Во всех этих слоях тонкодисперсный материал содержит до 20-50% карбонатного состава.

Факторами, благоприятствующими в свое время развитию карстового процесса, здесь служили хорошая обнаженность пород, наличие открытых трещин, по которым циркулирует воздух (рис. 2б), и, соответственно, может поступать вода в массив, чистый состав карбонатов и повышенное содержание кальцитовых прожилков. Отсутствие четкой выраженности в рельефе карстовых форм здесь объясняется интенсивными денудационными процессами, которые ведут к быстрому заполнению понижений обломочным материалом.

Еще одной интересной особенностью карста Лондоковского месторождения является близость даек, которые в силу своих петрографических особенностей представлены в разрезе дресвяной массой, на контакте с которой известняки растворяются вследствие хорошей водопроводимости таких субвертикальных контактов.

Ниже расположена *промежуточная зона*, представленная трещиноватыми и кавернозными известняками. Подземные формы включают полости по трещинам, каверны и каналы переменного сечения. Часты незаполненные полости вертикальной амплитудой 0,2-1,0 м (реже до 1,5 м). Характерны натечные формы кальцита и игольчатый арагонит на стенках. Вблизи даек отмечаются следы карста; трещины здесь иногда заполнены глиной. Растворение связано как с нисходящим, так и с горизонтальным движением подземных вод над водоупорными прослоями.

Глубинная зона приурочена к абсолютным отметкам 170-240 м (глубина от 30,0-40,0 м от поверхности, увеличивается в направлении водоразделов). Зона в основном обводнена. Косвенным признаком карста является пониженный выход керна. Проявления включают участки растворения по трещинам, полости, заполненные песчано-глинистым материалом с обломками известняка, реже – плотной темно-коричневой глиной, а также крупные незаполненные полости. Для этой зоны характерны крупные полости (высотой 0,2-6,0 м), заполненные обломочным материалом, составляющие 5-10% интервала керна. Незаполненные полости высотой до 1,0 м фиксировались по провалам инструмента. Глинистый заполнитель, отличающийся от современных дисперсных отложений, вероятно, был привнесен в полости давно. Подобные заполненные полости встречаются до глубины 98 м.

Повышенная закарстованность характерна для придолинных и поддолинных участков из-за активного водообмена. Гидрогеологические особенности района Лондоковского месторождения выражаются в стабилизированном уровне горизонта карстовых вод, колебания которого незначительны: от 0,5 до 3,0 м (средние данные за несколько лет), с выраженной сезонностью, с небольшой задержкой отражающей периоды дождей, снеготаяния и т.п. Кроме того, наблюдается гидравлическая связь горизонта карстовых вод с водами аллювиальных отложений долины р. Биры, что в паводковые периоды выражается в разбавлении карстовых вод водами аллювиального горизонта. Водообильность известняков неравномерна. Уровень трещинно-карстовых вод стабилен (~255 м абс.). В двух скважинах отмечены висячие водные горизонты.

По химическому анализу (май 2024 г.) воды трещинно-карстового горизонта сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые. Воды

пресные, значение минерализации изменяется от 0,198 до 0,204 г/дм³. Причем, анализ химического состава подземных вод, с учетом данным регионального изучения (Геологическая карта, 1959; Государственная геологическая карта, 1999), свидетельствует о стабильном характере минерализации подземных вод.

Наибольшее количество карстопроявлений располагается от земной поверхности и до уровня абсолютных отметок 170-180 м. В пределах абсолютных отметок от 220-230 до 175-180 м выделяется зона относительно интенсивного развития карста.

По результатам бурения установлено, что известняки в значительной степени закарстованы до глубины ~50 м, а в отдельных скважинах – на всю мощность. Для этих интервалов характерны сильная трещиноватость, разрушение породы, наличие пустот, частично или полностью заполненных известковистой глиной с обломками известняка. Местами известняк превращен в рыхлый шламообразный материал. Провалы инструмента редки (до 0,8 м).

На основании проведенных исследований авторы архивного отчета (Карст..., 1959ф) отмечают ряд черт, характерных для местного карста:

1. Пассивность карста в рельефообразовании;
2. Стабилизация уровня подземных вод;
3. Наличие подвешенных вод внутри массивов на малотрещиноватых разностях известняков.

В целом подобные обстановки формирования карста характерны для всех районов распространения известняков в районе Малого Хингана, в долине реки Сутары (рис.3).

На преимущественное развитие подземного и слабое проявление поверхностного карста указывает Ю.П. Парамузин (1953, 1954) для обширной площади Сибири. Он объясняет эту региональную особенность общими физико-географическими условиями, главным следствием которых является сезонность карстового процесса в поверхностных горизонтах и круглогодичность его на глубине.

В условиях горной местности на Малом Хингане ничтожное распространение поверхностного карста определяется и тем, что вертикальная скорость денудационных процессов значительно превышает скорость образования коррозионных форм, чем почти исключается влияние последних на направление развития рельефа. Проявлению карста в рельефе препятствует ограниченность площадей карбонатных пород, обычно слагающих прерывистые полосы шириной 1-2 км (рис.3) На таких массивах, представляющих собой гидрогеологические впадины

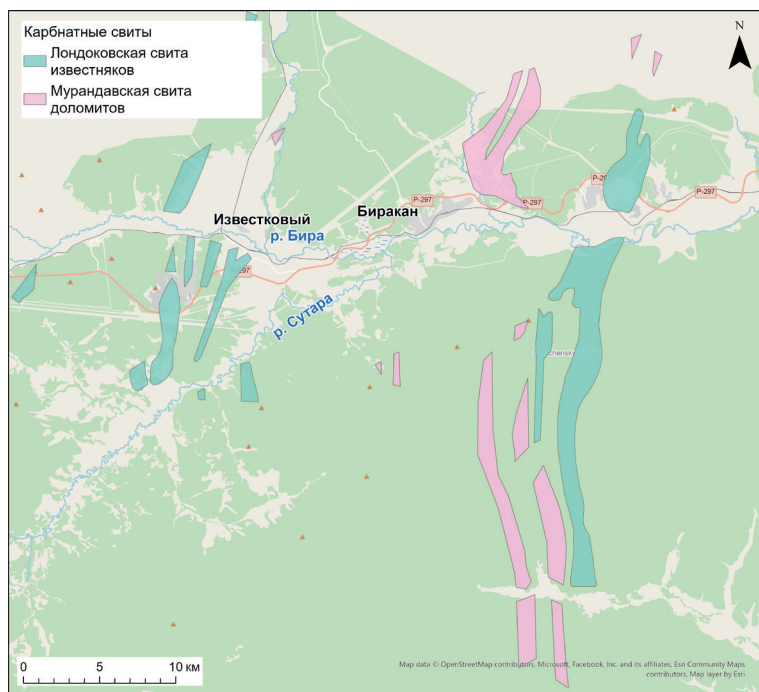


Рис. 3. Схема распространения карбонатных свит

(ограниченные подземные водные бассейны) затруднено возникновение мощных подземных рек, полей и других крупных и ярких ландшафтных проявлений карста, хотя изредка они и встречаются на Малом Хингане, например, в бассейне р. Столбухи (Пармузин, 1953; 1954).

Таким образом в карсте Малого Хингана, выделены отличительные особенности, имеющие, по всей вероятности, повсеместное распространение:

1. Слабое развитие поверхностной зоны: малочисленные небольшие формы; распространены погребенные под рыхлыми отложениями воронки, не выраженные в рельефе.
2. Небольшие, преимущественно незаполненные подземные формы в промежуточной зоне (зона аэрации).
3. Относительно интенсивное развитие глубинной зоны, приуроченной к уровню постоянного горизонта подземных вод, особенно в придолинных участках.
4. Наличие единого, хорошо связанного бассейна подземных вод в полях карбонатных пород.

5. Пассивная роль карста в направлении развития речной сети в среднегорье и более заметная – в низкогорье.

Н.А. Гвоздецким (1981) выделена Малохинганская карстовая провинция. Главные особенности карста в известняках и доломитах в пределах этой провинции определяются следующими местными геологическими, физико-географическими и геоморфологическими условиями:

1. Небольшие изолированные поля карбонатных пород.
2. Сильная дислоцированность, трещиноватость и метаморфизм пород.
3. Муссонный климат с сезонной мерзлотой.
4. Горный рельеф.
5. Сплошной чехол рыхлых отложений.
6. Стабилизация базисов эрозии.

Для изучения минерального и химического состава карбонатных пород карстового массива, были рассмотрены два образца, отобранные из двух скважин, пройденных в 6 км юго-восточнее пос. Известковый Облученского района Еврейской Автономной области (рис. 4).

По результатам петрографического анализа, включившего в себя микроскопическое минералого-петрографическое описание шлифов, анализируемые породы представлены преимущественно известняком мелко-среднезернистым слабо окремненным. Структура породы кристаллическая мелко-среднезернистая, местами обломочная - псефитовая. Текстура породы слоистая, обусловлена чередованием темно-серого и светло-серого кальцита разной размерности, местами брекчиевидная за счет раздробленности основной массы кварцевыми прожилками. Минеральный состав породы представлен преимущественно кальцитом (60-87 %). В образце 1 среди

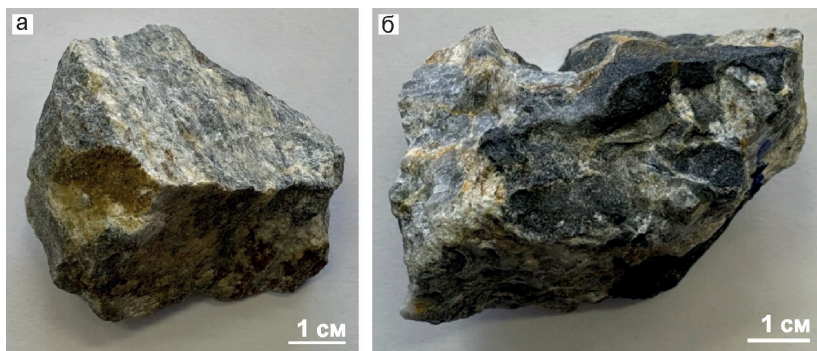


Рис. 4. Образцы известняков, отобранных из скважины в изучаемом районе

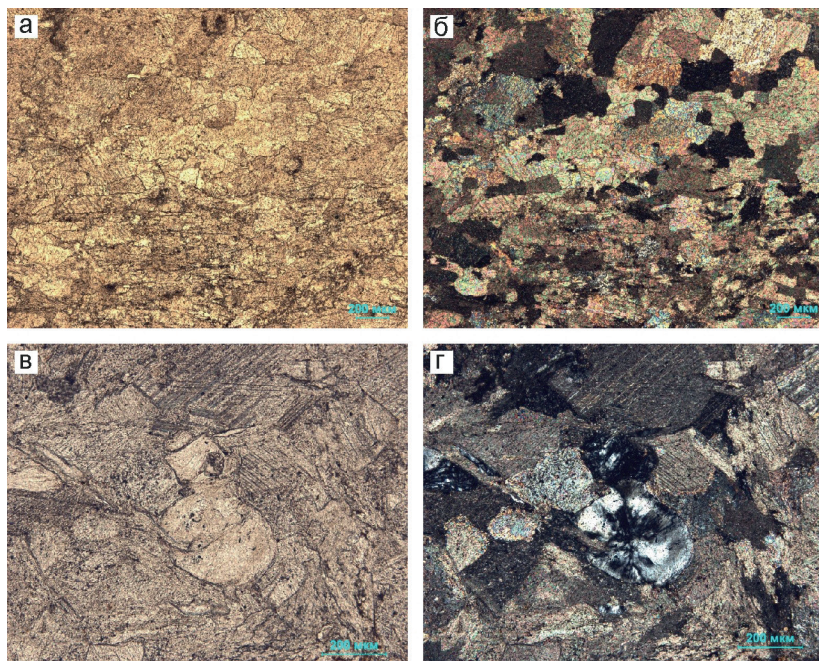


Рис. 5. Фрагменты шлифа образца 1: а, б – разномерный кальцит; в, г – сферолит халцедона в массе кальцита

кальцитовый массы встречаются зерна доломита (3 %) и халцедона (10 %). В образце 2 кальцитовую массу пересекают трещины, заполненные мелкими зернами ангидрита, глинистым веществом с гематитом, зерна кварца пересекают тонкие трещины и прожилки мощностью до 0,04 мм, заполненные микромелким кальцитом (рис. 5, 6).

Минеральный состав образца 1: кальцит (87 %), доломит (3 %), халцедон (10 %) (процентное соотношение относительно площади шлифа). Минеральный состав образца 2: кальцит (60 %), ангидрит (5 %), кварц (35 %) (процентное соотношение относительно площади шлифа).

Минеральный состав образцов по данным рентгеноструктурного анализа представлен в таблице 1. На дифрактограммах всех проб зафиксирован повышенный фон, который свидетельствует о содержании рентгеноаморфной фазы минералов (халцедон, охристые образования оксидов железа).

Химический состав проб определялся рентгенофлуоресцентным методом анализа. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа представлены в таблице 2. Обе пробы характеризуются высоким

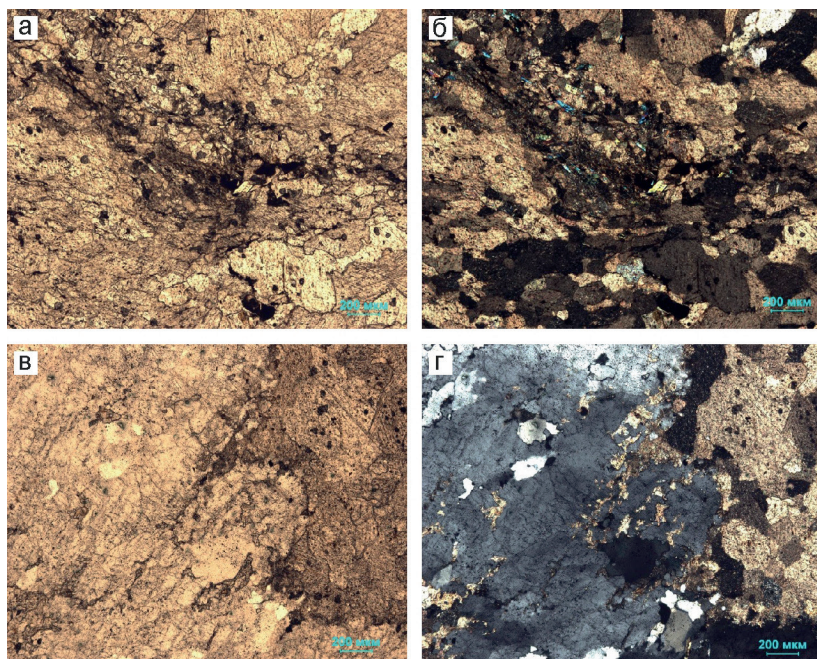


Рис. 6. Фрагменты шлифа образца 2: а, б – в кальцитовой массе фрагменты трещин, зерна ангидрита и гематита; в, г – прораствание зерен кальцита через каркас зерен кварца

содержанием карбонатов, о чем свидетельствует доминирование СаО (47-54 %) и высокие значения потерь при прокаливании (ППП 36,8-42,5 %), которые в данном случае почти полностью соответствует выделению CO_2 при разложении карбонатов. Низкое содержание кремнезема и глинозема указывает на незначительную примесь этого материала, особенно в первом образце. В целом химический состав образцов соответствует их минеральному составу.

Талица 1

Минеральный состав образцов, мас. %

Минералы	Номер пробы	
	Образец 1	Образец 2
Кальцит	97,7	78,9
Кварц	2,3	20,2
Слюда	<0,1	0,9
Сумма	100,0	100,0

Талица 2

Химический состав проб по данным рентгенофлуоресцентного анализа

Элементы	Номер пробы / Содержание, мас. %	
	Образец 1	Образец 2
SiO ₂	2,06	12,54
Al ₂ O ₃	0,32	1,12
CaO	53,93	47,62
Fe ₂ O ₃	0,36	0,84
K ₂ O	0,00	0,24
MgO	0,46	0,46
MnO	0,018	0,024
Na ₂ O	0,00	0,00
P ₂ O ₅	0,08	0,03
SO ₃	0,17	0,11
TiO ₂	0,009	0,058
Cl	0,020	0,019
ППП (при 975°С)	42,45	36,81
H ₂ O (при 105°С)	0,11	0,12

Выводы. В изучаемом районе широко развит погребенный карст, а также подземные формы, сформировавшиеся, вероятнее всего, в карбонатных породах в геологическом прошлом, в других палеоклиматических условиях. Современные процессы растворения маловероятны из-за окремнения известняков. Современный карстовый массив в таких обстановках находится в состоянии относительного равновесия. Все наблюдаемые формы (воронки, полости, каверны) представляют собой, преимущественно, реликтами древнего карстообразования, модифицированные последующими денудационными и литогенетическими процессами. Таким образом, оценка карстовой опасности в таких условиях должна строиться не только на анализе данных изысканий, но и на основании комплексного исследования, в том числе, с привлечением архивных данных и прецизионных методов исследования.

Библиографический список

Гвоздецкий Н.А. Карст. М.: Мысль, 1981. 214 с.
 География Еврейской автономной области: общий обзор, [Электронный ресурс] / отв. ред. Е.Я. Фрисман. Электронные текстовые данные (1 файл: 101 Мб). Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. 408 с.

- Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Хингано-Буреинская. Лист М-52-XXX. Объяснительная записка. 1959. 59 с.*
- Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Буреинская. Лист М-52-XXX. Объяснительная записка. 1999. 110 с.*
- Карст Лондоковского месторождения известняков и некоторые особенности карста Малого Хингана. Хабаровск, 1959. 53 с. (ф)*
- Катаев В.Н., Кадебская О.И. Геология и карст города Кунгура. Пермь: Перм. гос. ун-т; ГИ УрО РАН, 2010. 236 с.*
- Катаев В.Н., Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю. Типы карста Пермского края // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. Вып. 1. С. 56–66.*
- Максимович Н.Г., Кадебская О.И., Мещерякова О.Ю. Сульфатный карст Пермского края. Пермь, 2021. 302 с.*
- Пармузин Ю.П. Распространение и особенности карста Сибири // бюлл. М.-ва исп. природы, отд.геол., т.XXVIII. в.4. 1953.*
- Пармузин Ю.П. Вопросы карстования Сибири // Известия Всесоюзного географического общества. №1. 1954.*
- Юшманов Ю.П., Панов С.О., Денега Е.Р., Кольнооккая Е.Ю. Карстовые пещеры Малого Хингана – геологические памятники природы Еврейской автономной области // Вестник ДВГС-ГА. Серия 2. Естественнонаучные знания. № 2(3) 2009. С. 47-62.*

ON THE ISSUE OF KARST IN THE CONTACT ZONES OF INTRUSIVE BODIES

E.V. Drobinina, A.A. Ezhova, I.V. Badyanova

*Perm State National Research University, Perm
alenadrobinina@yandex.ru*

The article discusses the characteristics of the karst process and how it manifests in contact zones with intrusive bodies. Using the Londok limestone deposit near Small Khingan as an example, it studies the mineralogical and chemical composition of the rocks in which karst manifestations are found. A detailed analysis of archival materials was conducted. The rocks are characterised by a high calcite content and the presence of quartz impurities, which indicates weathering. It was concluded that the modern karst process in this area is passive. Buried forms such as funnels, cavities and caverns are widely developed; these are mainly relics of ancient karst formations formed in pure carbonates under different climatic conditions.

Keywords: karst, carbonates, zonality, mountainous areas.