

ТИПЫ КАРСТА УРАЛА

Г. А. Максимович, К. А. Горбунова

Урал – обширная карстовая страна с разнообразными условиями и факторами карстообразования. Литолого-структурные условия развития карста быстро изменяются в широтном направлении, сохраняя большое постоянство по простиранию Урала. Физико-географические факторы (климат, растительность, почвы и др.) подвержены широтной зональности и вертикальной поясности. С Уральской карстовой страной генетически связан карст Приуральской провинции восточной окраины карстовой страны Русской платформы. Выделенные в пределах этих двух стран карстовые провинции и области совпадают с крупными тектоническими структурами. Карстовые районы приурочены к различным частям структур и отличаются по морфологии и возрасту карстовых образований, условиям циркуляции карстовых вод и гидрографии.

Карстовые провинции, области, а также некоторые карстовые районы Урала вытянуты в меридиональном направлении соответственно простиранию основных уральских структур. Карст развивается в карбонатных, сульфатных, галогенных породах в условиях полярного и умеренного климата.

Карст Урала изучается более двухсот лет. Сведения о нем имеются в многочисленных географических, геологических, геоморфологических, спелеологических и карстологических работах. В последние годы были опубликованы сводки по карсту крупных территорий Урала (Гвоздецкий, 1954; Вахрушев, 1961; Гевнрц, 1959; Горбунова, 1958, 1960а; Кудряшов, 1961; Лушников, 1956, 1961; Максимович и Горбунова, 1958; Поспелова, 1957; Рубель, 1961; Сысоев, 1957, 1961). Районирование карста всей территории Урала и Приуралья было произведено Г. А. Максимовичем (1958а). Исследования, проведенные в последние годы, позволяют уточнить и дополнить предложенное ранее районирование.

Приуральская карстовая провинция

К этой провинции отнесены карстовые области в пределах Пермско-Башкирского свода и юго-восточного склона платформы, прилегающие к Предуральскому прогибу.

Наибольшую площадь, около 10 тыс. км², занимает карстовая область Уфимского вала, сложенная нижнепермскими известняками и частично доломитами. В рельефе она выражена в виде плато, поверхность которого прорезана глубокими каньонообразными долинами транзитных рек. В эти долины открываются крупные суходола длиной в несколько десятков километров. Карстовые воронки сосредоточены в эрозионных и карстово-эрозионных долинах, логах, суходолах. На водоразделах плотность, их ничтожна. В долинах рек встречаются небольшие пещеры длиной несколько десятков метров.

Уфимское плато является областью питания карстовых вод, которые разгружаются в наиболее крупных долинах и карстовых депрессиях, примыкающих к плато с востока и запада. По восточному крылу вала концентрированные выходы карстовых вод дают начало речкам с расходом до 400–500 л/сек. Некоторые небольшие речки на плато поглощаются понорами и текут под землей.

Карст Уфимского вала разновозрастный. Прерывистые поднятия неогена и четвертичного периода привели к активизации карста и отразились в ярусном расположении пещер, связанных с эрозионными уровнями.

С севера и запада к карстовой области Уфимского вала примыкают районы карста в гипсах и ангидритах кунгурского яруса. Для них характерны многочисленные воронки, плотность которых может достигать 200–300 на 1 км², крупные котловины с озерами на дне, депрессии, выполненные карстовыми брекчиями (Горбунова, 1960а). Здесь встречаются сульфатные речки, местами исчезающие, и пещеры, как правило, небольших размеров.

В северной части Пермско-Башкирского свода на Чусовском мысе Камского водохранилища находится Полазнинско-Шалашнинский карстовый район площадью 1100 км², приуроченный к Краснокамско-Полазнинскому валу.

Сылвинско-Сергинский карстовый район площадью 1700 км² расположен на северном погружении Уфимского вала по нижнему течению р. Сылва. Здесь известно 10 пещер общим протяжением 1385 м, причем две из них имеют длину более 100 м.

Весьма интенсивный карст гипсов является отличительной особенностью Кунгурско-Иренского карстового района на западном крыле Уфимского вала в бассейне р. Ирень. Площадь его 5700 км². Здесь обследовано 26 пещер общей длиной 6 км, в том числе четыре – протяжением более 100 м. В этом районе находится самая крупная пещера Урала – Кунгурская ледяная, закартированная на 5 км.

Южнее, на западном и юго-западном крыльях Уфимского вала, расположен Щучьеозерско-Уфимский карстовый район, который Г. В. Вахрушев (1961) называет подрайоном карста западного склона Башкирского свода. Здесь наряду с типичным сульфатным карстом встречаются соляные источники.

В Башкирии к Приуральской карстовой провинции относится Рязано-Охлебининский район интенсивного сульфатного карста. Гипсы и ангидриты, слагающие одноименный вал, имеют мощность несколько сотен метров. Это обусловило появление крупных пещер длиной до 200–570 м (Кудряшов, 1961).

Предуральская карстовая провинция

Эта провинция, приуроченная к одноименному краевому прогибу, подразделяется на Печорскую, Уфимско-Соликамскую и Бельскую карстовые области. Первые две области разделены Ксенофоновско-Нырбским районом известняково-гипсового карста площадью 550 км². Он известен Дивьей пещерой протяженностью 3,19 км. Уфимско-Соликамская карстовая область отделена от Бельской Каратауским карстовым районом. Он приурочен к одноименному тектоническому комплексу со сложной сбросово-надвиговой тектоникой. Здесь наблюдаются поноры, воронки, карстовые источники и небольшие пещеры в кембрийских, девонских и каменноугольных известняках.

В погруженных частях прогиба наряду с типичным сульфатным проявляется соляной карст с своеобразными соляными источниками, крупными депрессиями проседания над местами выщелачивания, озерами с хлоридной или гидрокарбонатно-хлоридной водой.

В южной части Печорской карстовой области подобный рельеф имеет Колво-Вишерский район карста гипсов и соли.

Уфимско-Соликамская область карста кунгурских гипсов и соли состоит из ряда районов и участков общей площадью в пределах Пермской области 6950 км². Площадь соляного и гипсового карста в пределах наиболее крупного Соликамского района, своеобразно и еще мало изученного, равна 4050 км². Вдоль восточного крыла Уфимского вала вытянуты Сергинцово-Долгушинский Кишертско-Суксунский районы интенсивного сульфатного карста. Южная часть последнего является зоной разгрузки карстовых вод Уфимского вала и отличается высокой активностью карста (Горбунова, 1961). В Башкирской части области аналогичные условия развития карста имеет Юрезано-Айский район в гипсах, ангидритах, доломитах и загипсованных песчаниках.

Бельская карстовая область состоит из нескольких районов. На севере ее Г. В. Вахрушев (1961) выделяет Симско-Бельский район карста в гипсах и ангидритах, разделенных островками карбонатных пород. Здесь известны крупные залежи каменной соли. Иско-Юшатырский карстовый район состоит из трех меридионально вытянутых полос – участков. В западной полосе закарстованы гипсы казанского I яруса, а в двух восточных – кунгурские гипсы, соли и ангидриты. Наряду с современными формами встречаются крупные депрессии, заполненные мезозойскими и третичными отложениями. Южнее в Оренбургской области Г. В. Поспеловой (1957) охарактеризован Саракташский карстовый район.

Западноуральская карстовая провинция

Эта провинция приурочена к внешней зоне складчатого Урала. Здесь закарстованы сильно дислоцированные, смятые в линейные складки трещиноватые известняки, доломитизированные известняки и доломиты девона, карбона и нижней перми мощностью

несколько сотен метров. В условиях расчлененного горного рельефа на поверхности чередуются полосы карбонатных и некарстующихся (песчаники, глинистые сланцы и др.) пород. Зона активной циркуляции карстовых вод опускается ниже русел крупных рек. В долинах их выявлены подрусловые потоки. Многие реки исчезают, а затем вновь появляются на поверхности. Типичны долины с сухими руслами, выложенными крупным обломочным материалом, суходола и эрозионно-карстовые лога с днищамн, усеянными воронками, котловинами, понорами. Воронки чаще всего встречаются в долинах, суходолах, в наиболее трещиноватых зонах, вдоль линий тектонических нарушений. Плотность их в химически чистых известняках может достигать нескольких десятков на 1 км².

В долинах часто встречаются пещеры длиной в сотни метров, с подгмнымп реками и озерами, с разнообразными капельниками. Они располагаются в виде ярусов, связанных с эрозионными уровнями. В результате провалов сводов пещер возникают карстовые мосты и арки, характерные только для данной провинции. Вследствие значительного изменения природных условий Урала с севера на юг карстовую провинцию внешней зоны целесообразно разделить на три карстовые области: северную, среднюю и южную.

Северная область протягивается от бассейна р. Печоры до междуречья Вишеры и Язьвы. Южнее находится Средневишерский район площадью 5700 км² с исчезающими речками и небольшими пещерами общим протяжением 75 м.

Средняя карстовая область простирается от междуречья Вишеры и Язьвы до р. Юрюзань. В Яйвинско-Кизеловском районе площадью 4350 км² экспедиции Пермского университета зафиксировали и описали 2650 воронок и 38 пещер общим протяжением 3183 м, причем девять длиной более 100 м. В Пашийско-Чусовском районе зарегистрировано до 15 пещер общим протяжением 757 м, причем две длиной более 100 м. К этой же области относятся Сергинский район в Свердловской области (Рубель, 1961) район Уфимского амфитеатра, выделенный Г. В. Вахрушевым (1961).

Южная область в Башкирии представлена районом Западной окраины Башкирского антиклинория с исчезающими речками и ручьями. Здесь известно до 50 пещер, в том числе Капова пещера протяженностью 1,8 км. К этой же области целесообразно отнести карстовые районы Белорецко-Зиланрского синклинория, где закарстованы известняки и доломиты карбона п девона. Здесь встречаются воронки, суходола, пещеры, исчезающие речки и родники. Г. В. Вахрушев выделяет здесь два района: Прибельскийи-Приикский, который в Оренбургской области переходит в Зиянчуриинский.

Центральноуральская карстовая провинция

Эта провинция приурочена к системе Центральноуральских антиклинориев, прослеживающихся на всем протяжении Урала. В слабометаморфизированных карбонатных

толщах докембрия, кембрия и силура карст развит значительно слабее, чем в предыдущей провинции. На севере он отмечен в силурийских мраморах, известняках и доломитах в верховьях левых притоков р. Печоры. Южнее в Вишерско-Чусовской карстовой области намечаются Верхневишерский, Тыпыдо-Кырбинский и Серебрянский районы. Карст их слабо изучен. В карстовой области Башкирского антиклинория, по данным Г. В. Вахрушева, можно выделить Восточный, Западный и Центральный районы. Южнее карст проявляется в области Уралтауского антиклинория.

Тагиле-Магнитогорская карстовая провинция

Эта провинция делится на две области: Тагильскую и Магнитогорскую, приуроченные к одноименным крупным синклиниям.

Тагильская карстовая область представляет собой крупный синклиний, осложненный срединным антиклинальным поднятием и сопряженными с ним синклинальными прогибами. На границе их прослеживаются крупные разломы. Здесь закарстованы силурийские и девонские карбонатные породы, главным образом известняки, вытянутые меридиональными узкими полосами среди вулканогенных и других толщ. В северной части этой области находятся Североуральский и Турьинский карстовые районы с карстовыми воронками, естественными шахтами, суходолами и исчезающими речками, пещерами и подземными потоками, с погребенными древними карстовыми полостями, к которым приурочены залежи руд. М. И. Гевирц (1959) охарактеризовала более южные Невьянский и Верхнеуфалейско-Полевской карстовые районы со слаборазвитыми поверхностными формами, с небольшими подземными полостями и широко развитыми древними формами.

Карстово-трещинные воды во всех районах обильны. Приток их в выработке составляет 600 м³/час и более.

Магнитогорская карстовая область приурочена к синклинию, имеющему сложную складчатую структуру, осложненную разрывными нарушениями. Здесь закарстованы известняки карбона. В этой области известны два района Верхнеуральский с древними погребенными формами и Кизильско-Суундукский с многочисленными естественными шахтами, воронками, слепыми ложбинами, исчезающими речками, небольшими пещерами и древними погребенными формами.

Восточноуральская карстовая провинция

К ней отнесены карстовые области и районы в пределах Восточноуральского синклиния и прилегающих к нему частей Восточноуральского краевого поднятия (Урало-Тобольского антиклинория) и Зауральского антиклинория. Среднепалеозойские образования здесь смяты в складки, опрокинутые на восток и осложненные крупными меридиональными

разрывами. Здесь широко развиты гранитные интрузии, местами обусловившие интенсивный метаморфизм.

На севере находится Алапаевско-Каменская карстовая область, представляющая сложную синклиналичную зону, вытянутую с севера на юг и осложненную разрывными нарушениями. Карстующиеся известняки нижнего карбона и в меньшей степени карбонатные породы среднего карбона, девона и силура образуют 4 крупных и 20 небольших полос, разделенных сланцами, песчаниками, эффузивами и их туфами. На поверхности карст выражен понорами, воронками, суходолами, карстовыми логами. Здесь описано 33 пещеры, длиной обычно 10–20 м, реже 40 м и более, связанные с эрозионными уровнями. По берегам рек вытекают источники с дебитами 0,2–29 л/сек. Погребенный карст представлен воронками, котловинами, полями, гребнями и останцами. Эта область подразделена на Алапаевский, Сухоложско-Каменский, Режевский, Мелкозеровско-Покровский районы.

На юге провинции выделяются Челябинский и Полтаво-Брединский районы, где закарстованы известняки карбона. Современные карстовые формы представлены блюдцами, воронками, располагающимися часто цепочками вдоль контактов известняков с эффузивами или другими некарстующимися породами, и пещерами. В первом районе встречаются карстовые озера, причем некоторые провального происхождения, а во втором – исчезающие речки, суходолы и небольшие останцы. Для этой области типичны древние карстовые формы, выполненные мезозойскими и кайнозойскими образованиями.

ТИПЫ КАРСТА УРАЛА

Приведенная краткая характеристика показала большое разнообразие современного и унаследованного карста Урала. Классификация по характеру покровных отложений (Максимович, 1962а) не дает полного представления о сущности карстового процесса. Классификация карста карбонатных отложений (Cvijic, 1925а, б; Michovka, 1957) не охватывает все разнообразие карста Урала. Это побудило авторов дать комплексную классификацию (см. таблицу) и выделить основные типы карста Урала и прилегающих территорий (см. рисунок).

Комплексная классификация карста Урала и Приуралья

Таблица

Провинция	Геотектоническая обстановка	Литологические типы карста	Условия залегания пород	Возраст карстующихся пород	Интенсивность карстово-развоения ¹	Карстовые формы ²		Гидрология ³	Источники ⁴	Состав карстовых вод		Тип карста по характеру породных отложений
						поверхностные, подземные	погребенные			поверхностных	подземных	
Приуральская	Восточная приуральская часть Русской платформы	Сульфатный	Крылья и своды валов, куполов	P ₁	II	в, вл, л, п, вл	вл	рв, рл, рл, оз	4-6	SO ₄ -Ca	SO ₄ -Ca	Русский, подуральский, камский
		Карбонатный		P ₁	Ср	в, с	в, вл	рл, рл	3-6	HCO ₃ -Ca	HCO ₃ -Ca	Подуральский
Предуральская	Предуральская прогиб	Сульфатный	То же	P ₁	II	в, в, л, п, ш	вл	рл, оз, оз	3-5	SO ₄ -Ca	SO ₄ -Ca	Русский, камский
		Солиной		P ₁	III	лп	вл	оз	2-5	Cl-Na HCO ₃ -Ca	Cl-Na	Русский
Западноуральская	Восточная зона складчатого Урала	Карбонатный	Линейные складки, надвиги	D, C	II	в, в, п, пп, м, с	в, вл	рл, рл, рл	3-6	HCO ₃ -Ca	HCO ₃ -Ca	Подуральский, русский
Центральноуральская	Антиклинальные: Южно-Винерский, Башкирский, Уфимский	Карбонатный	Линейные складки	Pt - Cm, Cm, O, S	Сл, Ср	в, с, п, пп, к	в	рл	5-6	То же	То же	Подуральский
Тарно-Магнитогорская	Синклинали: Тарно-Магнитогорская	Карбонатный	Линейные правляющие складки с разрывными нарушениями	C ₁ , D	II	в, в, п, пп, о	в, вл, л, к	рл	3-6	в в	в в	Подуральский, русский
Восточноуральская	Восточная уральская синклиналь с интрузивными границами	Карбонатный	Асимметричные опрокинутые линейные складки с глубокими разломами	D, C	Ср	в, л, с, пп	л, о, вл, к, гребни	—	5-6	в в	в в	Подуральский, русский

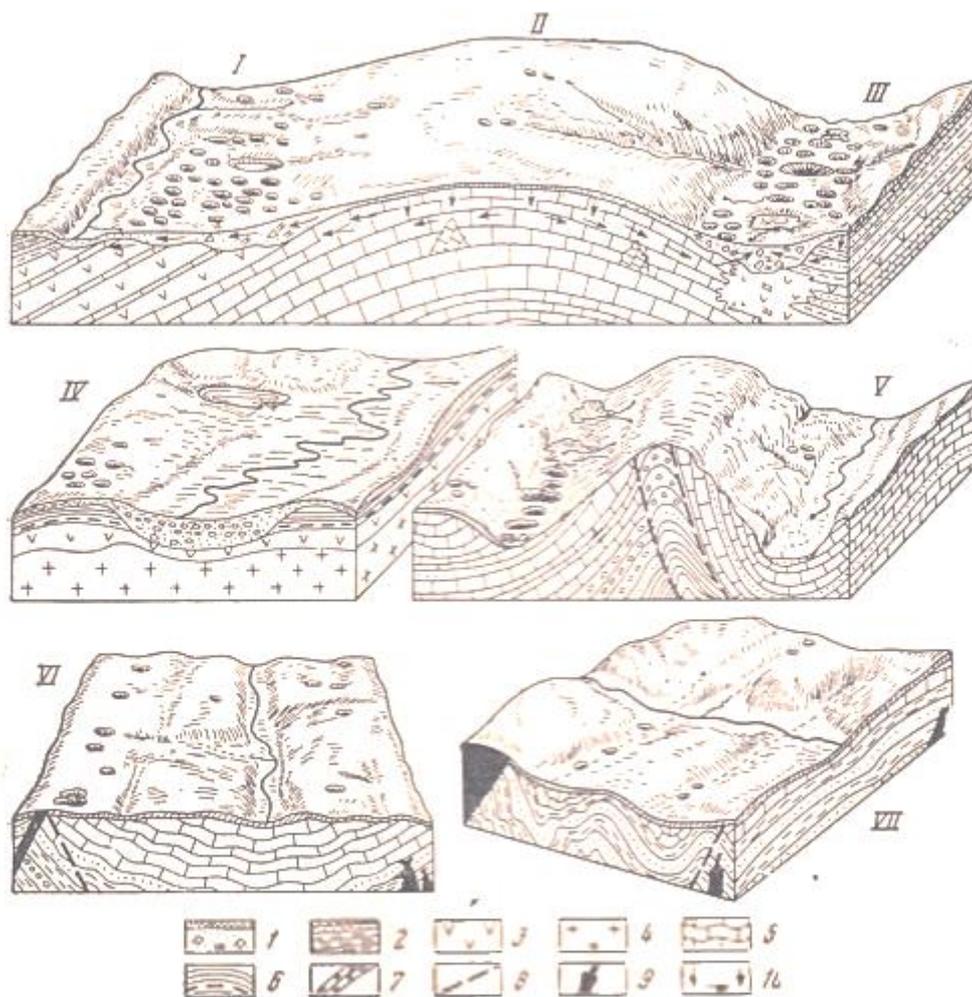
¹ II - весьма интенсивный; III - интенсивный; Ср - средний; Сл - слабый.

² Карстовые формы: вл - воронки; в - воронки; вл - провальная воронка; к - колодезь, неглубокие шахты; л - карстовые лога; с - карстово-эрозионные долины (суходолы); вл - водоводы; лп - депрессивная поляна; лп - депрессивный провал; в - пещеры; м - карстовые мосты, арки; о - карстовые остоицы.

³ оз - озера; рл - провальное озеро; рл - реки долинами исчезающие; рл - реки долинами исчезающие; рл - реки выходящие.

⁴ Классы источников по дебиту в л/сек: 1-100 000-10 000 (отсутствует); 2-10 000-1000; 3-1000-100; 4-100-10; 5-10-1; 6-1-0,1.

Кунгурский 1 тип. В условиях слаборасчлененного плато закарстованы пачки сульфатных пород мощностью до 60 м, чередующиеся с карбонатными на крыльях и в сводовых частях валов и куполов. Местами они залегают под менее карстующимися или некарстующимися отложениями. Зона вертикальной циркуляции имеет небольшую мощность. В зоне горизонтальной циркуляции выделяются концентрированные, иногда слабосвязанные потоки карстовых вод. Возможны подвешенные горизонты. Жиличны воронки часто провальные, озера, котловины. Плотность их достигает т 200-300 на 1 км². Встречаются карстовые лога, исчезающие и выветривающие сульфатные речки сульфатные родники 4-6 классов (Максимович, 1962б). Широко развиты карстовые брекчи, пещеры.\



Типы карста Урала

I — нунгурский; *II* — уфимский; *III* — четвертный; *IV* — соликамский; *V* — низеловский; *VI* — магнитогорский; *VII* — алапаевский; 1 — продукты выветривания, внизу — карстовые брекчии; 2 — песчаники, глины, мергели; 3 — гипсы и ангидриты; 4 — соли; 5 — карбонатные породы; 6 — глинистые сланцы; 7 — конгломераты; 8 — разрывные нарушения; 9 — магматические породы; 10 — направление стока карстовых вод

Уфимский тип. Карбонатные породы слагают свод вала, выраженного в рельефе в виде плато. Зона вертикальной циркуляции карстовых вод достигает 80–150 м мощности. В зоне горизонтальной циркуляции карстовые воды стекают по падению пород к окраинам плато, питая источники 3–6 классов. Характерны каньонообразные долины транзитных и карстовых рек, карстово-эрозионные суходолы, исчезающие реки. Воронки связаны с эрозионными и карстово-эрозионными формами. Пещеры небольшие.

Кишертский тип. В условиях пологохолмистого рельефа закарстованы сульфатные породы, залегающие в виде пластов, линз, штоков в зонах резких фациальных переходов от карбонатных пород к песчаниково-глинистым в краевых частях прогибов. Мощность гипсов и ангидритов изменяется от десятков до 100 м и более. Зоны циркуляции карстовых вод не выражены. Типичны концентрированные потоки карстовых вод вдоль контактов пород разного

состава и разгрузка подземных вод соседних участков в виде групп источников 3–5 классов. Характерны воронки, преимущественно провальные, озера с глубиной до 20 м, котловины, депрессии типа нольев с широким развитием карстовых брекчий, выныривающие сульфатные речки и небольшие пещеры.

Соликамский тип. Территория с пологохолмистым рельефом представляют собой центральные части впадин, выполненных каменной и калийной солями мощностью до 700 м и залегающих среди сульфатно-карбонатных и песчаниково-глинистых толщ. Активная циркуляция подземных вод возможна в надсолевой и боковых толщах. По ослабленным зонам поднимаются соленые воды, дающие источники 2–5 классов. В рельефе выделяются депрессии проседания над местами выщелачивания солей, озера с пресной, солоноватой и соленой водой хлоридно-натриевого и хлоридно-гидрокарбонатного состава. Долины рек широкие, плоские и местами заболоченные, с большой мощностью рыхлых отложений. При наличии загипсованных надсолевых толщ возможно также проявление типичного сульфатного карста.

Кизеловский тип. Рельеф сильно расчлененный, низко- и среднегорный. Карбонатные отложения, чаще известняки, залегают среди кварцевых песчаников и сланцев, в ядрах или на крыльях линейных складок, осложненных надвигами. Мощность отдельных толщ карбонатных пород достигает 600 м. Зоны циркуляции карстовых вод выражены четко. Уровень карстовых вод понижается к долинам, где они разгружаются в виде источников 3–6 классов или дренируются подрусловыми полостями. Интенсивный карст проявляется на контактах пород разного состава, по линиям надвигов, в трещиноватых зонах. Типичны поноры, мосты и арки, коррозионные и коррозионно-эрозионные воронки и котловины, суходолы, поноры, исчезающие, локально исчезающие и выныривающие речки. Пещеры, от малых до значительных, связаны с эрозионными уровнями.

Магнитогорский тип. Рельеф низкогорный. Карбонатные породы, главным образом известняки, слагают ядро крупной синклинали структуры, осложненной разрывными нарушениями и ограниченной эффузивами и песчаниками. Крылья ее являются местами питания карстовых вод, которые движутся по падению пород к зонам дренирования. Источники относятся к 4–6 классам. Типичны поноры, колодцы и небольшие останцы, воронки, исчезающие речки, долины с подрусловыми полостями, небольшие пещеры.

Алапаевский тип. В условиях низкогорного рельефа карбонатные породы слагают крылья складок и выходят на поверхность в виде узких длинных полос, зажатых между эффузивами, песчаниками и сланцами. Складки осложнены глубокими продольными разломами. Закарстованные полосы известняков дренируют подземные воды соседних некарстующихся участков. Характерен также продольный сток карстовых вод по простиранию известняков в сторону дрен. Карстовые формы представлены воронками, понорами,

исчезающими речками, небольшими пещерами. Краткая характеристика выделенных типов карста Урала показывает, что они отличаются от известных типов голокарста, мерокарста и переходных.

ЛИТЕРАТУРА

- Вахрушев Г. В. Распространение п условия образования карста в Башкирии.– В кн.: Новости карстоведения и спелеологии. Л» 2. М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Гвоздецкий Н. А. Карст. Изд. 2. М., Географгиз, 1954.
- Гевирц М. И. Карст восточного склона Среднего Урала. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. геол.-мин. наук. Нижний Тагил. 1959.
- Горбунова К. А. Карстовые районы Пермской области.–В кн.: Докл. Четвертого Всеуральск. совещ. по фпз.-геогр. п эконом.-геогр. районированию. Пермь, 1958.
- Горбунова К. А. Типы карста и факторы карстообразования на примере карстовых районов Пермской области,– Зап. Пермск. отд. Геогр. об-ва СССР, 1960а, №1.
- Горбунова К. А. Формирование карстовых рекчпш восточного крыла Уфимского вала в свете гидрогеологических данных.– Изв. высш. учебн. завед., геология и разведка, 1960б, № 10.
- Горбунова К. А. Эволюция гипсового карста.– Научн. труды Пермск. политехи, пн-та, сб. 12, вып. 1, 1961.
- Кудряшов И. К. Районирование карста Башкирии.– Мат-лы Шестого Всеуральск. совещ. по вопр. геогр. и охраны природы. 1961.
- Лушников Е. А. Районирование карста Башкирии.– Уч. зап. Пермск. ун-та, т. X, вып. 2, 1956.
- Лушников Е. А. Районирование карста Башкирии.– В кн.: Региональное карстоведение. М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Максимович Г. А. Районирование карста СССР.– В кн.: Докл. Четвертого Всеуральск. совещ. по физ.-геогр. п эконом.-геогр. районированию. Пермь, 1958а.
- Максимович Г. А. Районирование карста Урала и Прпуралья.– В кн.: Докл. Четвертого Всеуральск. совещ. по фпз.-геогр. и эконом.-геогр. районированию. Пермь, 1958б.
- Максимович Г. А. Классификация карста по внешним признакам.– Зап. Пермск. политехи, ин-та, сб. 12, вып. 1. 1962а.
- Максимович Г. А. Классификация родников по дебиту и карстовые источники.– Гидрогеология и карстоведение, 1962б. вып. 1.
- Максимович Г. А. и Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958.
- Поспелова Г. В. К вопросу районирования карста восточной части Оренбургской области.– Уч. зап. Оренбургск. пед. пн-та, серия естеств.-геогр. наук, вып. 10, 1957.

Рубель Р. Б. Карстовые явления в Свердловской области,—В кн.: «Региональное карстование». М., Изд-во АН СССР, 1961.

Сысоев А. Д. К вопросу изучения карстовых явлений Челябинской области.— Уч. зап. Челябинск, пед. ин-та, т. 3, № 1, 1957.

Сысоев А. Д. Карстовые явления в бассейне рек Ай и Сим Челябинской области.— В кн.: Региональное карстование. М., Изд-во АН СССР, 1961.

Cvijic J. Types morphologiques des terrains calcaires. Le Holokarst.— Compt. rend. Acad. Sci., 1925a, t. 180.

Cvijic J. Types karstiques de transitions.— Compt. rend. Acad. Sci., 1925b, t. 180 Michovka J. Typisace ceskoslovenskeho krasu.— Ceskosl. kras, 1957, 10, N 2

ТРУДЫ МОСКОВСКОГО ОБЩЕСТВА ИСЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ

Том XV

ТИПЫ КАРСТА
В СССР

(Отдельный оттиск)

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1965

ТИПЫ КАРСТА УРАЛА

Г. А. Максимович, К. А. Горбунова

Урал — обширная карстовая страна с разнообразными условиями и факторами карстообразования. Литолого-структурные условия развития карста быстро изменяются в широтном направлении, сохраняя большое постоянство по простиранию Урала. Физико-географические факторы (климат, растительность, почвы и др.) подвержены широтной зональности и вертикальной поясности.

С Уральской карстовой страной генетически связан карст Приуральской провинции восточной окраины карстовой страны Русской платформы. Выделенные в пределах этих двух стран карстовые провинции и области совпадают с крупными тектоническими структурами. Карстовые районы приурочены к различным частям структур и отличаются по морфологии и возрасту карстовых образований, условиям циркуляции карстовых вод и гидрографии.

Карстовые провинции, области, а также некоторые карстовые районы Урала вытянуты в меридиональном направлении соответственно простиранию основных уральских структур. Карст развивается в карбонатных, сульфатных, галогенных породах в условиях полярного и умеренного климата.

Карст Урала изучается более двухсот лет. Сведения о нем имеются в многочисленных географических, геологических, геоморфологических, спелеологических и карстологических работах. В последние годы были опубликованы сводки по карсту крупных территорий Урала (Гвоздецкий, 1954; Вахрушев, 1961; Гевирц, 1959; Горбунова, 1958, 1960а; Кудряшов, 1961; Лушников, 1956, 1961; Максимович и Горбунова, 1958; Послелова, 1957; Рубель, 1961; Сысоев, 1957, 1961).

Районирование карста всей территории Урала и Приуралья было произведено Г. А. Максимовичем (1958а). Исследования, проведенные в последние годы, позволяют уточнить и дополнить предложенное ранее районирование.

Приуральская карстовая провинция

К этой провинции отнесены карстовые области в пределах Пермско-Башкирского свода и юго-восточного склова платформы, прилегающие к Предуральскому прогибу.

Наибольшую площадь, около 10 тыс. км², занимает *карстовая область Уфимского вала*, сложенная нижнепермскими известняками и частично доломитами. В рельефе она выражена в виде плато, поверхность которого прорезана глубокими каньонобразными долинами транзитных рек. В эти долины открываются крупные суходоли длиной в несколько десят-

ков километров. Карстовые воронки сосредоточены в эрозионных и карсто-эрозионных долинах, логах, суходолах. На водоразделах плотность их ничтожна. В долинах рек встречаются небольшие пещеры длиной несколько десятков метров.

Уфимское плато является областью питания карстовых вод, которые разгружаются в наиболее крупных долинах и карстовых депрессиях, примыкающих к плато с востока и запада. По восточному крылу вала концентрированные выходы карстовых вод дают начало речкам с расходом до 400—500 л/сек. Некоторые небольшие речки на плато поглощаются попорам и текут под землей.

Карст Уфимского вала разновозрастный. Прерывистые поднятия неогена и четвертичного периода привели к активизации карста и отразились в ярусном расположении пещер, связанных с эрозионными уровнями.

С севера и запада к карстовой области Уфимского вала примыкают районы карста в гипсах и ангидритах кунгурского яруса. Для них характерны многочисленные воронки, плотность которых может достигать 200—300 на 1 км², крупные котловины с озерами на дне, депрессии, выложенные карстовыми брекчиями (Горбунова, 1960а). Здесь встречаются сульфатные речки, местами исчезающие, и пещеры, как правило, небольших размеров.

В северной части Пермско-Башкирского свода на Чусовском мысе Камского водохранилища находится Полазнинско-Шалазинский карстовый район площадью 1100 км², приуроченный к Краснокамско-Полазнинскому валу.

Сылвинско-Сергинский карстовый район площадью 1700 км² расположен на северном погружении Уфимского вала по нижнему течению р. Сылва. Здесь известно 10 пещер общим протяжением 1385 м, причем две из них имеют длину более 100 м.

Весьма интенсивный карст гипсов является отличительной особенностью Кунгурско-Иренского карстового района на западном крыле Уфимского вала в бассейне р. Ирень. Площадь его 5700 км². Здесь обследовано 26 пещер общей длиной 6 км, в том числе четыре — протяжением более 100 м. В этом районе находится самая крупная пещера Урала — Кунгурская ледяная, закартированная на 5 км.

Южнее, на западном и юго-западном крыльях Уфимского вала, расположен Щучьеозерско-Уфимский карстовый район, который Г. В. Вахрушев (1961) называет подрайоном карста западного склона Башкирского свода. Здесь наряду с типичным сульфатным карстом встречаются соляные источники.

В Башкирии к Приуральской карстовой провинции относится Рязано-Охлебнинский район интенсивного сульфатного карста. Гипсы и ангидриты, слагающие одноименный вал, имеют мощность несколько сотен метров. Это обусловило появление крупных пещер длиной до 200—570 м (Кудряшов, 1961).

УРАЛЬСКАЯ КАРСТОВАЯ СТРАНА

Предуральская карстовая провинция

Эта провинция, приуроченная к одноименному краевому прогибу, подразделяется на *Печорскую, Уфимско-Солкамскую и Бельскую карстовые области*. Первые две области разделены Ксенофоновско-Ныробским районом известняково-гипсового карста площадью 550 км². Он известен Дивьей пещерой протяженностью 3,19 км. Уфимско-Солкамская карстовая область отделена от Бельской Каратауским карстовым районом. Он приурочен к одноименному тектоническому комплексу со

сложной сбросово-надвиговой тектоникой. Здесь наблюдаются поноры, воронки, карстовые источники и небольшие пещеры в кембрийских, девонских и каменноугольных известняках.

В погруженных частях прогиба наряду с типичным сульфатным проявляется соляной карст с его своеобразными соляными источниками, крупными депрессиями проседания над местами выщелачивания, озерами с хлоридной или гидрокарбонатно-хлоридной водой.

В южной части Печорской карстовой области подобный рельеф имеет Козьмо-Вишерский район карста гипсов и соли.

Уфимско-Соликамская область карста кунгурских гипсов и соли состоит из ряда районов и участков общей площадью в пределах Пермской области 6950 км². Площадь соляного и гипсового карста в пределах наиболее крупного Соликамского района, своеобразно и еще мало изученного, равна 4050 км². Вдоль восточного крыла Уфимского вала вытянуты Сергиндово-Долгушинский и Кишертско-Сукунский районы интенсивного сульфатного карста. Южная часть последнего является зоной разгрузки карстовых вод Уфимского вала и отличается высокой активностью карста (Горбунова, 1961). В Башкирской части области аналогичные условия развития карста имеет Юрзанов-Айский район в гипсах, ангидритах, доломитах и загипсованных песчаниках.

Бельская карстовая область состоит из нескольких районов. На севере ее Г. В. Вахрушев (1961) выделяет Симско-Бельский район карста в гипсах и ангидритах, разделенных островками карбонатных пород. Здесь известны крупные залежи каменной соли. Икско-Юшатырский карстовый район состоит из трех меридионально вытянутых полос — участков. В западной полосе закарстованы гипсы казанского яруса, а в двух восточных — кунгурские гипсы, соли и ангидриты. Наряду с современными формами встречаются крупные депрессии, заполненные мезозойскими и третичными отложениями. Южнее в Оренбургской области Г. В. Поспеловой (1957) охарактеризован Саракташский карстовый район.

Западноуральская карстовая провинция

Эта провинция приурочена к внешней зоне складчатого Урала. Здесь закарстованы сильно дислоцированные, смятые в линейные складки трещиноватые известняки, доломитизированные известняки и доломиты девона, карбона и нижней перми мощностью несколько сотен метров. В условиях расчлененного горного рельефа на поверхности чередуются полосы карбонатных и некарстующихся (песчаники, глинистые сланцы и др.) пород. Зона активной циркуляции карстовых вод опускается ниже русел крупных рек. В долинах их выявлены подрусловые потоки. Многие реки исчезают, а затем вновь появляются на поверхности. Типичны долины с сухими руслами, выложенными крупным обломочным материалом, суходоли и эрозионно-карстовые дога с донцами, усеянными воронками, котловинами, понорами. Воронки чаще всего встречаются в долинах, суходолах, в наиболее трещиноватых зонах, вдоль линий тектонических нарушений. Плотность их в химически чистых известняках может достигать нескольких десятков на 1 км².

В долинах часто встречаются пещеры длиной в сотни метров, с подземными реками и озерами, с разнообразными капельниками. Они располагаются в виде ярусов, связанных с эрозионными уровнями. В результате провалов сводов пещер возникают карстовые мосты и арки, характерные только для данной провинции. Вследствие значительного изменения природных условий Урала с севера на юг карстовую провинцию внешней зоны

целесообразно разделить на три карстовые области: северную, среднюю и южную.

Северная область протягивается от бассейна р. Печоры до междуречья Вишеры и Язвы. Южнее находится Средневишерский район площадью 5700 км² с исчезающими речками и небольшими пещерами общим протяжением 75 м.

Средняя карстовая область простирается от междуречья Вишеры и Язвы до р. Юрюзань. В Яйвинско-Кизеловском районе площадью 4350 км² экспедиция Пермского университета зафиксировала и описала 2650 воронок и 38 пещер общим протяжением 3183 м, причем девять длиной более 100 м. В Пашийско-Чусовском районе зарегистрировано до 15 пещер общим протяжением 757 м, причем две длиной более 100 м. К этой же области относятся Сергинский район в Свердловской области (Рубель, 1961) и район Уфимского амфитеатра, выделенный Г. В. Вахрушевым (1961).

Южная область в Башкирии представлена районом Западной окраины Башкирского антиклинория с исчезающими речками и ручьями. Здесь известно до 50 пещер, в том числе Капова пещера протяженностью 1,8 км. К этой же области целесообразно отнести карстовые районы Белоренко-Зилаирского синклинория, где закарстованы известняки и доломиты карбона и девона. Здесь встречаются воронки, суходоламы, пещеры, исчезающие речки и родники. Г. В. Вахрушев выделяет здесь два района: Прибельский и Прикский, который в Оренбургской области переходит в Зиянчуринский.

Центральноуральская карстовая провинция

Эта провинция приурочена к системе Центральноуральских антиклинориев, прослеживающихся на всем протяжении Урала. В слабометаморфизованных карбонатных толщах докембрия, кембрия и силура карст развит значительно слабее, чем в предыдущей провинции. На севере он отмечен в сидурийских мраморах, известняках и доломитах в верховьях левых притоков р. Печоры. Южнее в *Вишерско-Чусовской карстовой области* намечаются Верхневишерский, Тыныло-Кырлинский и Серебрянский районы. Карст их слабо изучен. В *карстовой области Башкирского антиклинория*, по данным Г. В. Вахрушева, можно выделить Восточный, Западный и Центральный районы. Южнее карст проявляется в области Уралтауского антиклинория.

Тагил-Магнитогорская карстовая провинция

Эта провинция делится на две области: *Тагильскую* и *Магнитогорскую*, приуроченные к одноименным крупным синклинориям.

Тагильская карстовая область представляет собой крупный синклинорий, осложненный срединным антиклинальным поднятием и сопряженными с ним синклиналиными прогибами. На границе их прослеживаются крупные разломы. Здесь закарстованы силурийские и девонские карбонатные породы, главным образом известняки, вытянутые меридиональными узкими полосами среди вулканогенных и других толщ. В северной части этой области находятся Североуральский и Турьинский карстовые районы с карстовыми воронками, естественными шахтами, суходолами и исчезающими речками, пещерами и подземными потоками, с погребенными древними карстовыми полостями, к которым приурочены залежи руд. М. И. Гевирц (1959) охарактеризовала более южные Невьянский и Верхнеуфалейско-Полевской карстовые районы со слабо развитыми поверхностными формами, с небольшими подземными полостями и широко развитыми древними формами.

Карстово-грещинные воды во всех районах обильны. Приток их в выработку составляет 600 м³/час и более.

Малогогорская карстовая область приурочена к синклинорию, имеющему сложную складчатую структуру, осложненную разрывными нарушениями. Здесь закарстованы известняки карбона. В этой области известны два района: Верхнеуральский с древними погребенными формами и Кизильско-Суундукский с многочисленными естественными шахтами, воронками, слепыми ложбинами, исчезающими речками, небольшими пещерами и древними погребенными формами.

Восточноуральская карстовая провинция

К ней отнесены карстовые области и районы в пределах Восточноуральского синклинория и прилегающих к нему частей Восточноуральского краевого поднятия (Урало-Тобольского антиклинория) и Зауральского антиклинория. Среднепалеозойские образования здесь смяты в складки, опрокинутые на восток и осложненные крупными меридиональными разрывами. Здесь широко развиты гранитные интрузии, местами обусловившие интенсивный метаморфизм.

На севере находится *Алапаевско-Каменская карстовая область*, представляющая сложную синклинальную зону, вытянутую с севера на юг и осложненную разрывными нарушениями. Карстующиеся известняки нижнего карбона и в меньшей степени карбонатные породы среднего карбона, девона и силура образуют 4 крупных и 20 небольших полей, разделенных сланцами, песчаниками, эффузивами и их туфами. На поверхности карст выражен понорами, воронками, суходолами, карстовыми логами. Здесь описано 33 пещеры, длиной обычно 10—20 м, реже 40 м и более, связанные с эрозионными уровнями. По берегам рек вытекают источники с дебитами 0,2—29 л/сек. Погребенный карст представлен воронками, котловинами, полями, гребнями и останцами. Эта область подразделена на Алапаевский, Сухоложско-Каменский, Режевский, Мелкозеровско-Покровский районы.

На юге провинции выделяются Челябинский и Полтаво-Брединский районы, где закарстованы известняки карбона. Современные карстовые формы представлены блюдцами, воронками, располагающимися часто цепочками вдоль контактов известняков с эффузивами или другими некарстующимися породами, и пещерами. В первом районе встречаются карстовые озера, причем некоторые провального происхождения, а во втором — исчезающие речки, суходолы и небольшие останцы. Для этой области типичны древние карстовые формы, выполненные мезозойскими и кайнозойскими образованиями.

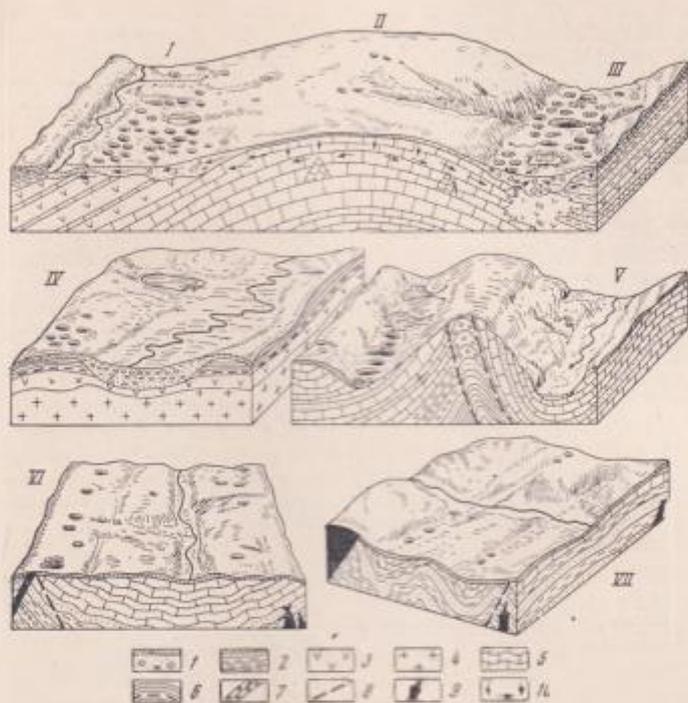
ТИПЫ КАРСТА УРАЛА

Приведенная краткая характеристика показала большое разнообразие современного и унаследованного карста Урала. Классификация по характеру покровных отложений (Максимович, 1962а) не дает полного представления о сущности карстового процесса. Классификация карста карбонатных отложений (Свијић, 1925а, б; Michovka, 1957) не охватывает все разнообразие карста Урала. Это побудило авторов дать комплексную классификацию (см. таблицу) и выделить основные типы карста Урала и прилегающих территорий (см. рисунок).

Кунгурский¹ тип. В условиях слабобасченного плато закар-

¹ По поводу наименования типов карста с помощью собственных географических названий см. замечания в статье Н. А. Гвоздецкого «Вопросы типологии и классификации карста СССР». (Ред.).

стования пачки сульфатных пород мощностью до 60 м, чередующиеся с карбонатными, на крыльях и в сводовых частях валов и куполов. Местами они залегают под менее карстующимися или некарстующимися отложениями. Зона вертикальной циркуляции имеет небольшую мощность. В зоне горизонтальной циркуляции выделяются концентрированные, иногда слабосвязанные потоки карстовых вод. Возможны подвешенные горизонты. Типичны воронки, часто провальные, озера, котловины. Плотность их достигает 200—300 на 1 км². Встречаются карстовые лога, исчезающие и высыхающие сульфатные речки, сульфатные родники 4—6 классов (Максимович, 1962б). Широко развиты карстовые брекчии, пещеры.



Типы карста Урала

I — нунтугурской; II — уфимский; III — кашертский; IV — солянский; V — ижевский; VI — магнитогорский; VII — алапаевский, 1 — продукты выветривания, внизу — карстовые брекчии; 2 — песчаники, глинки, мергели; 3 — гипсы и ангидриты; 4 — соли; 5 — карбонатные породы; 6 — глинистые сланцы; 7 — конгломераты; 8 — разрывные нарушения; 9 — магматические породы; 10 — направление стока карстовых вод

Уфимский тип. Карбонатные породы слагают свод вала, выраженного в рельефе в виде плато. Зона вертикальной циркуляции карстовых вод достигает 80—150 м мощности. В зоне горизонтальной циркуляции карстовые воды стекают по падению пород к окраинам плато, питают источники 3—6 классов. Характерны каньонобразные долины транзитных и карстовых рек, карстово-эрозионные суходолы, исчезающие реки. Воронки связаны с эрозионными и карстово-эрозионными формами. Пещеры большие.

Кишертский тип. В условиях пологохолмистого рельефа закарстованы сульфатные породы, залегающие в виде пластов, линз, штоков в зонах резких фациальных переходов от карбонатных пород к песчаниково-глинистым в краевых частях прогибов. Мощность гипсов и ангидритов изменяется от десятков до 100 м и более. Зоны циркуляции карстовых вод не выражены. Типичны концентрированные потоки карстовых вод вдоль контактов пород разного состава и разгрузка подземных вод соседних участков в виде групп источников 3—5 классов. Характерны воронки, преимущественно провальные, озера с глубиной до 20 м, котловины, депрессии типа полей с широким развитием карстовых брекчий, вынырывающие сульфатные речки и небольшие пещеры.

Саликамский тип. Территории с пологохолмистым рельефом представляют собой центральные части впадин, выполненных каменной и калийной солями мощностью до 700 м и залегающих среди сульфатно-карбонатных и песчаниково-глинистых толщ. Активная циркуляция подземных вод возможна в наесолевой и боковых толщах. По ослабленным зонам поднимаются соленые воды, дающие источники 2—5 классов. В рельефе выделяются депрессии проседания над местами выщелачивания солей, озера с пресной, солоноватой и соленой водой хлоридно-натриевого и хлоридно-гидрокарбонатного состава. Долины рек широкие, плоские и местами заболоченные, с большой мощностью рыхлых отложений. При наличии загипсованных наесолевых толщ возможно также проявление типичного сульфатного карста.

Кизеловский тип. Рельеф сильно расчлененный, низко- и среднегорный. Карбонатные отложения, чаще известняки, залегают среди кварцевых песчаников и сланцев, в ядрах или на крыльях линейных складок, осложненных надвигами. Мощность отдельных толщ карбонатных пород достигает 600 м. Зоны циркуляции карстовых вод выражены четко. Уровень карстовых вод понижается к долинам, где они разгружаются в виде источников 3—6 классов или дренируются подрусловыми полостями. Интенсивный карст проявляется на контактах пород разного состава, по линиям надвигов, в трещиноватых зонах. Типичны поноры, мосты и арки, коррозионные и коррозионно-эрозионные воронки и котловины, суходолы, поноры, исчезающие, локально исчезающие и вынырывающие речки. Пещеры, от малых до значительных, связаны с эрозионными уровнями.

Магнитогорский тип. Рельеф низкогорный. Карбонатные породы, главным образом известняки, слагают ядро крупной синклинальной структуры, осложненной разрывными нарушениями и ограниченной эффузивами и песчаниками. Крылья ее являются местами питания карстовых вод, которые движутся по падению пород к зонам дренирования. Источники относятся к 4—6 классам. Типичны поноры, колодцы и небольшие останцы, воронки, исчезающие речки, долины с подрусовыми полостями, небольшие пещеры.

Аланаевский тип. В условиях низкогорного рельефа карбонатные породы слагают крылья складок и выходят на поверхность в виде узких длинных полос, зажатых между эффузивами, песчаниками и сланцами. Складки осложнены глубокими продольными разломами. Закарстованные полосы известняков дренируют подземные воды соседних некарстовующихся участков. Характерен также продольный сток карстовых вод по простиранию известняков в сторону дрен. Карстовые формы представлены воронками, понорами, исчезающими речками, небольшими пещерами.

Краткая характеристика выделенных типов карста Урала показывает, что они отличаются от известных типов голокарста, мерокарста и переходных.

TYPES OF KARST OF THE URALS

G. A. Mazimovich, K. A. Gorbunova

Summary

Karst regions of the Urals are stretched meridionally in accordance with the strike of geological structures. Within the Permsk-Bashkirian arch and south-eastern slope of the Russian platform, adjacent to the Priural trough, a Priural karst province is recognised. In the Ural karst country itself the following karst provinces are distinguished: Preduralsk (confined to the marginal trough), Western-Uralsk, Central Uralsk, Tagil-Magnitogorsk, East-Uralsk.

The authors recognise seven types of karst: Kungursk (I), Ufimsk (II), Sammerian (III), Solikamsk (IV), Kizelovsk (V), Magnetogorsk (VI) and Alapaevsk (VII). Their characteristic features are described in the text and illustrated in block-diagrams (fig. 1).

ЛИТЕРАТУРА

- Шахрушев Г. В. Распространение и условия образования карста в Башкирии.— В кн.: Новости карстоведения и спелеологии, № 2. М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Гвоздецкий Н. А. Карст. Изд. 2. М., Географгиз, 1954.
- Гевирц М. И. Карст восточного склона Среднего Урала. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. геол.-мин. наук. Нижний Тагил, 1959.
- Горбунова К. А. Карстовые районы Пермской области.— В кн.: Докл. Четвертого Всеуральск. совещ. по физ.-геогр. и эконом.-геогр. районированию. Пермь, 1958.
- Горбунова К. А. Типы карста и факторы карстообразования на примере карстовых районов Пермской области.— Зап. Пермск. отд. Геогр. об-ва СССР, 1960а, № 1.
- Горбунова К. А. Формирование карстовых врежчат восточного крыла Уфимского вала в свете гидрогеологических данных.— Изв. высш. учебн. завед., геологии и разведка, 1960б, № 10.
- Горбунова К. А. Эволюция гипсового карста.— Научн. труды Пермск. политехн. ин-та, сб. 12, вып. 1, 1961.
- Кудряшов И. К. Районирование карста Башкирии.— Мат-лы Шестого Всеуральск. совещ. по вопр. геогр. и охраны природы, 1961.
- Лушников Е. А. Районирование карста Башкирии.— Уч. зап. Пермск. ун-та, т. X, вып. 2, 1956.
- Лушников Е. А. Районирование карста Башкирии.— В кн.: Региональное карстоведение. М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Максимович Г. А. Районирование карста СССР.— В кн.: Докл. Четвертого Всеуральск. совещ. по физ.-геогр. и эконом.-геогр. районированию. Пермь, 1958а.
- Максимович Г. А. Районирование карста Урала и Приуралья.— В кн.: Докл. Четвертого Всеуральск. совещ. по физ.-геогр. и эконом.-геогр. районированию. Пермь, 1958б.
- Максимович Г. А. Классификация карста по внешним признакам.— Зап. Пермск. политехн. ин-та, сб. 12, вып. 1, 1962а.
- Максимович Г. А. Классификация родников по дебиту и карстовые источники.— Гидрогеология и карстоведение, 1962б, вып. 1.
- Максимович Г. А. и Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958.
- Поспелова Г. В. К вопросу районирования карста восточной части Оренбургской области.— Уч. зап. Оренбургск. пед. ин-та, серия естеств.-геогр. наук, вып. 10, 1957.
- Рубель Р. В. Карстовые явления в Свердловской области.— В кн.: «Региональное карстоведение». М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Смисов А. Д. К вопросу изучения карстовых явлений Челябинской области.— Уч. зап. Челябинск. пед. ин-та, т. 3, № 1, 1957.
- Смисов А. Д. Карстовые явления в бассейне рек Ай и Сим Челябинской области.— В кн.: Региональное карстоведение. М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Čvičić J. Types morphologiques des terrains calcaires. Le Holokarst.— Compt. rend. Acad. Sci., 1925a, t. 180.
- Čvičić J. Types karstiques de transitions.— Compt. rend. Acad. Sci., 1925b, t. 180.
- Michovka J. Typisace československého krásu.— Českosl. krás, 1957, 10, N 2.