

А. Г. ЧИКИШЕВ

**КАРСТ РУССКОЙ  
РАВНИНЫ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
Серия «Планета Земля и Вселенная»

**А. Г. ЧИКИШЕВ**

**КАРСТ РУССКОЙ  
РАВНИНЫ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
МОСКВА 1978

Карстовые образования — воронки, котловины, желоба, ниши, пещеры и др. — широко распространены на территории Русской равнины и оказывают существенное влияние на все компоненты географического ландшафта, а также особенности хозяйственного освоения этого крупного района нашей страны. В книге рассматривается большой круг вопросов, связанных с образованием и характеристикой карстовых форм,дается оценка интенсивности современных карстовых процессов, без учета которых не может быть успешно осуществлено ни одно хозяйственное мероприятие: гидротехническое, промышленное, транспортное и гражданское строительство, разработка полезных ископаемых и т. п.

Ответственный редактор  
доктор географических наук  
Н. А. ГВОЗДЕЦКИЙ

## ОТ РЕДАКТОРА

Книга посвящена истории изучения карста Русской равнины, ее карстовым формам, гидрологии и районированию карста. Автор обобщил огромный материал, как литературный, так и полученный в результате собственных исследований во многих районах Русской равнины. Весь этот богатый материал приведен в стройную систему благодаря тому, что в основу его обобщения положено специальное, карстологическое, районирование территории.

Автор развивает разработанное отечественными, в особенности советскими, исследователями ландшафтно-географическое направление в изучении карста, что находит отражение в главе об истории исследования, в характеристике физико-географических условий развития карста по выделенным региональным единицам, отчасти в анализе особенностей самих карстовых явлений и в заключении.

Ограничившись освещением лишь нескольких проблем изучения карста Русской равнины

(периодизация истории исследования, морфология и генезис карстовых форм, гидрологические явления, районирование), автор тем не менее достаточно полно раскрывает выбранные темы. Районирование территории Русской равнины дано с такой подробностью, с какой не давалось до сих пор для столь обширных территорий ни в советской, ни в зарубежной литературе.

Заслуженный деятель науки РСФСР,  
доктор географических наук,  
профессор  
Н. А. Гвоздецкий

## ВВЕДЕНИЕ

Русская равнина, протянувшаяся от Белого моря на севере до Черного на юге, от Балтики на западе до Урала на востоке, характеризуется сложным геологическим строением и большим разнообразием горных пород.

В основании Русской равнины залегает древний кристаллический фундамент, представленный огромными архейскими массивами, в строении которых принимают участие сильно дислоцированные и метаморфизованные породы протерозоя. На северо-востоке, в районе Тимана и Печорской низменности, фундамент сложен более молодыми — рифейскими вулканогенно-осадочными образованиями. В южной части равнины, в пределах Равнинного Крыма, Донбасса и Северного Кавказа, складчатый фундамент имеет герцинский возраст и здесь выделяется особая — Скифская — платформа.

На размытой и выровненной поверхности фундамента залегают осадочные песчано-глинистые, карбонатные и сульфатные отложения палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста, мощность которых иногда достигает 3—4 и даже 7—8 км. Во многих местах карбонатные и сульфатные породы палеозоя и мезозоя, образующие обычно очень пологие складки платформенного типа, выходят на поверхность или перекрываются тонким плащом молодых суглинистых отложений. Это определяет широкое развитие карстовых явлений преимущественно в платформенном чехле, где карст выявлен до глубины 1700—2800 м, и лишь иногда в образованиях складчатого фундамента.

Закономерности распределения площадей карстующихся пород на поверхности Русской равнины связаны с характером тектонических деформаций осадочного чехла и фундамента платформы. Установлено, что краевые части Русской равнины характеризуются прямыми соотношени-

ями рельефа и геологической структуры, тогда как во внутренних частях господствуют обращенные морфоструктуры. Такое строение определяется особенностями исторического развития территории.

Заложение крупных морфоструктур Русской равнины произошло в верхнем рифе, когда в результате разломов и дифференцированных тектонических движений возникли прямые морфоструктуры. Образовавшиеся позже, в герцинское время, структуры второго этажа в основном также соответствовали структурным элементам фундамента и являлись унаследованными тектонически активными прямыми морфоструктурами. Однако во внутренних частях платформы уже в верхнем палеозое стали возникать структурные формы второго этажа, несогласные с тектоническими формами поверхности фундамента. В триасе в связи с общим поднятием поверхности начала формироваться мезозойская поверхность выравнивания. В верхнегорское и нижнемеловое время она заливалась морями. В конце мезозоя образовалась новая поверхность, послужившая исходным уровнем для современного рельефа Русской равнины. В конце мезозоя и в начале палеогена верхнемезозойская поверхность выравнивания неравномерно деформировалась. В северной части Русской равнины она была вовлечена в общее сводовое поднятие и расчленена на отдельные более или менее крупные останцовые возвышенности, а в южной — опущена и перекрыта более молодыми отложениями. Таким образом, начиная с герцинского времени область несогласных, обращенных, морфоструктур постепенно расширялась, пока к четвертичному периоду не охватила всю внутреннюю часть Русской платформы. Наиболее типичными обращенными морфоструктурами являются Московская и Ульяновско-Саратовская синеклизы, выраженные в рельефе повышенными участками.

Биоклиматические условия развития карста в пределах Русской равнины не однородны. Их изменение подчинено закономерности широтной зональности. Причем в направлении с северо-запада на юго-восток заметно снижается увлажнение территории вследствие того, что уменьшается количество осадков и увеличивается испаряемость из-за повышения летних температур. Весь север Русской равнины относится к области избыточного увлажнения, в то время как юго-восток (Прикаспийская низ-

менность) представляет собой область с крайне недостаточным увлажнением и развитием полупустынных и даже пустынных ландшафтов. Роль почвенно-растительного покрова в карстообразовании, характеризующегося на Русской равнине исключительным разнообразием, проявляется в формировании агрессивных свойств природных вод и регулировании поверхностного стока.

На особенности развития и распространения карста Русской равнины существенное и все возрастающее влияние оказывает хозяйственная деятельность человека. Технический прогресс, создавший новую базу для освоения естественных ресурсов, чрезвычайно усилил прямые и косвенные воздействия на все компоненты географической среды. Это вызвало значительные изменения в развитии экзогенных, в том числе и карстовых процессов.

Среди антропогенных факторов карстообразования наибольшую роль играют: а) общее повышение агрессивности вод, вызванное загрязнением атмосферы, природных вод и почвенного покрова агрессивными компонентами антропогенного происхождения; б) сброс агрессивных сточных вод в толщу карстующихся пород; в) длительная откачка подземных вод для водоснабжения и в связи с эксплуатацией месторождений полезных ископаемых; г) обнажение карстующихся образований, обусловленное разрушением растительного и почвенного покрова. Развитие антропогенного карста связано также с подземным искусственным выщелачиванием горных пород, применяемым для добычи различных полезных ископаемых, с откачкой природных рассолов для соляной и химической промышленности, с добычей полезных ископаемых карьерным и шахтным способами, с изменением гидрохимических и гидродинамических условий в районах создания крупных водохранилищ.

Впервые сведения о карсте Русской равнины собрал А. А. Крубер (1901). Позже, уже в советское время, материалы по карсту обобщались М. А. Зубащенко (1939), А. Ф. Якушовой (1949), А. С. Барковым (1957) и Н. В. Родионовым (1963). Следует отметить, что Н. В. Родионов наиболее подробно описал геологические условия развития карста Русской равнины, отметил особенности его распространения, провел картографирование и районирование карста. Кроме этих сводных работ, охватывающих Русскую равнину в целом, имеется большая специ-

альная литература по карсту отдельных ее частей. Однако приводимые в ней данные по своему содержанию и характеру весьма различны; карст нередко рассматривается без учета влияния на него всего комплекса природных факторов. Применение разных методов часто делает полученные результаты несравнимыми. Это в значительной мере осложняет анализ и обобщение материалов по карсту и создает большие трудности в установлении общих закономерностей развития и распределения карста на обширной территории Русской равнины, выделяемой в качестве особой карстовой страны.

В связи с этим необходимость создания исследования, систематизирующего разрозненные материалы по карсту Русской равнины, очевидна. Наибольший интерес представляет анализ морфологических особенностей карстовых образований, характер их распространения и развития, гидрологических явлений и районирования карста. Все эти вопросы рассматриваются в настоящей работе с ландшафтно-географических позиций в исследовании карста, заложенных в трудах В. В. Докучаева, А. А. Крубера, А. С. Козменко и А. С. Баркова. Особенно большой вклад в разработку географического направления сделал Н. А. Гвоздецкий. Специфика ландшафтovedческого подхода к изучению любого природного явления заключается в выяснении всестороннего влияния всех компонентов природного комплекса на развитие данного явления и процесса и обратного влияния этого явления и процесса на ландшафт в целом. Ландшафтно-географический анализ карста связан с определенными трудностями, что обусловило известную схематичность, а в некоторых случаях и неравномерность освещения рассматриваемых вопросов. Между тем, хочется надеяться, что данная работа привлечет еще большее внимание исследователей к основным проблемам карстоведения Русской равнины.

## ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИЗУЧЕНИЯ КАРСТА

Вопросы истории изучения карста имеют важное научное и прикладное значение, поскольку «...сведения, накопленные человечеством о пещерах, подземных водах, минеральных источниках, играли немаловажную роль в развитии представлений о происхождении, строении и геологической жизни Земли, о кругообороте воды в природе, о химических процессах в земной коре» (*Иванов А. Н. Исследование карстовых явлений в России в первой половине XVIII века. Ярославль, 1958, с. 167*). Следовательно, выяснение истории накопления знаний о карстовых явлениях имеет прямое отношение к истории научного мировоззрения.

Истории изучения карста Русской равнины посвящено сравнительно немного работ. Среди них выделяются исследования Н. М. Шерстюкова (1940), М. А. Зубащенко (1948), Н. А. Гвоздецкого (1954, 1972), А. В. Ступишина (1955), А. П. Иванова (1958) и К. А. Горбуновой (1975).

Наибольший интерес представляет труд М. А. Зубащенко «К истории исследования карста Восточно-Европейской равнины» (1948). Эту работу, хотя она и не лишена известных недочетов, что было справедливо отмечено историографами и карстоведами (Гвоздецкий, 1954; Иванов, 1958), следует рассматривать как первое обстоятельное исследование истории изучения карста Русской равнины. Выделенные М. А. Зубащенко эпохи и периоды позже были положены в основу общей периодизации истории отечественного карстоведения.

История изучения карста отдельных регионов Русской равнины освещена в работах И. К. Кудряшова, К. А. Горбуновой, Н. П. Торсуева, Е. А. Кротовой, Е. Д. Богдановича, А. В. Ступишина и др.

Этапы исследования карста обширной территории Русской равнины тесно связаны с социально-экономическими

событиями и научно-техническими мероприятиями. Выделяются два основных периода в истории изучения карста Русской равнины — дореволюционный и советский.

## ДОРЕВОЛЮЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Дореволюционный период, охватывающий огромный промежуток времени, подразделяется на следующие основные этапы: 1) ранние исследования (с древнейших времен до XVIII в.); 2) исследования в первой половине XVIII в. (1700—1750); 3) исследования во второй половине XVIII в. (1750—1800); 4) исследования в первой половине XIX в. (1800—1860); 5) исследования во второй половине XIX в. (1860—1900); 6) исследования в начале XX в. (1900—1917).

**Этап ранних исследований.** По мнению А. В. Ступина (1967), наиболее раннее упоминание о карстовых явлениях Русской равнины содержится в книге арабского путешественника Ахмеда Ибн-Фадлана о его путешествии на Волгу в 921—922 гг., в которой отмечаются озера Чистое, Курышевское и Атаманское, имеющие преимущественно провальное происхождение. Следующее упоминание о карстовых формах Русской равнины относится к 1219 г. Оно содержится в «Хронике Ливонии» Генриха Латвийского, в которой говорится: «... добыча ливонцев была очень велика, которые подземные пещеры харьосцев, куда те спрятались, закрыли, и дни и ночи дым и огонь на пещерах делали, пока те все не задохнулись, как женщины так и мужчины...» (цит. по: Рандла Т. Э., 1966, с. 166). По мнению специалистов, в этой хронике речь идет о небольших карстовых пещерах, расположенных близ Куйметса, примерно в 45 км к югу от Таллина.

К этому же времени (1268) относится и другое упоминание о карстовых пещерах Эстонии, содержащееся в Новгородской первой летописи старшего извода, где описан поход русских войск на Раковор (г. Раквере ЭССР) и битва их с немецким Ливонским орденом: «Поидоша к Раковору месяца января 23; и яко внидоша в землю ихъ и разделишася на 3 пути, и много множество ихъ воеваша. И ту наехаша пещеру непроходну, в неиже бяше множество чуди влезше, и бяше нелзе ихъ взяти, и стояша 3 дни; тогда мастеръ порочный хитростью пусти на

ня воду. Чюдь же набегоша сами вонъ, и исекоша ихъ, а товаръ новгородци князю Дмитрию въс даша. И оттоле поступиша к Раковору; и яко быша на реце Кеголе...» (цит. по: Максимович Г. А. О первом указании на карстовые пещеры на территории СССР.— В кн.: Пещеры, вып. 3. Пермь, 1963, с. 93). Указанная в летописи карстовая пещера располагается где-то между р. Нарвой и г. Раквере. По мнению Г. А. Максимовича, она находится близ Люганузе на участке суходола Ухаку. В 1969 г. автор исследовал этот район, однако сколько-нибудь значительных карстовых пещер здесь не оказалось. Ю. И. Хейнсалу (1970) считает, что отмеченная в новгородской летописи пещера находилась, по-видимому, в обрыве Глинта на побережье Финского залива.

К ранним указаниям на карстовые явления относится также дополнительная запись, сделанная в «Книге большому чертежу» на обороте листа 158 списка 1330: «... а в горах Юрьевых (на правом берегу р. Волги примерно в 50 км к югу от г. Казани.—А. Ч.) в полгоры от Волги пещоры, а в них озера ледяные». Это первое описание ледяных пещер, но мнению Г. А. Максимовича, было сделано в 1689 г.

**Исследования в первой половине XVIII в.** Первые научные исследования карста на территории Русской равнины относятся к началу XVIII в. Особенно большая заслуга в этом принадлежит В. Н. Татищеву и В. И. Гепинну.

В 1720—1723 гг. выдающийся русский ученый и общественный деятель В. Н. Татищев провел широкие исследования карстовых форм рельефа в бассейне р. Сылвы (восточная окраина Русской равнины). В районе городов Кунгур и Серги им были внимательно осмотрены многочисленные «рвы» (провальные воронки), подземные реки и крупные источники, отличающиеся постоянством режима во все сезоны года. В. Н. Татищев посетил также Кунгурскую ледяную пещеру, в которой отметил «великие палаты или ... другие уские и едва проходимые скважины... стоячее очень чистое озеро величиною поперек сажень 7...». Общая длина пещеры, по его данным, около версты.

Осмотривая так называемые «рвы», которые местные жители связывали с ходами «подземного зверя мамонта», В. Н. Татищев пришел к заключению, что они являются

провальными ямами и образуются над пещерами, причем провалы и пещеры возникают не везде, а лишь «на плоских высоких горах», которые под водопроницаемыми отложениями «имеют известной (известковый.— А. Ч.) или гипсовый камень». Проникающая в толщу известнякового или гипсового массива вода «выносит с собою лежкие частицы». Исследование В. Н. Татищевым химического состава карстовых вод указывает на то, что под выносом «лекких» частиц он понимал процесс растворения, а не только механического разрушения породы. Таким образом, происхождение поверхностных и подземных карстовых форм, приуроченных к легкорастворимым горным породам, В. Н. Татищев связал с деятельностью природных вод, что было «открытием исключительной важности, так как не только во времена, когда жил Татищев, но и много позже некоторые ученые объясняли образование подземных пустот следствием «подземного огня», ходами «подземного зверя мамонта», «всемирным потопом» или действием рук человека (*Архипова Н. П.* В. Н. Татищев — первый исследователь природы Урала.— «Землеведение», т. 7. 1967, с. 278).

Результаты своих исследований В. Н. Татищев обобщил в работе «О мамонтовых костях» (1730), краткое же сообщение об этом им было сделано в «Письме о мамонте», опубликованном в 1725 г. на латинском языке в Швеции. Сформулированные В. Н. Татищевым положения имеют исключительно важное научное значение и дают основание считать его основоположником отечественного карстоведения.

Карстовые явления в окрестностях Кунгура и в других районах Предуралья в 20-е годы XVIII в. были охарактеризованы также В. И. Геннином, занимавшим в то время (1724—1734) должность начальника уральских и сибирских горных заводов. В. И. Геннин собрал интересные сведения о пещерах, провальных ямах и исчезающих речках. Он, в частности, обнаружил, что в «... Кунгурском уезде имеются великие и малые чистые ямы или провалины, подобием обращенного конуса, вверху широки, а внизу уски, под которыми слышно шум, якобы течение рек под землею». Описывая Кунгурскую пещеру, В. И. Геннин отметил «... великия палаты, высотою до свода сажен на 10 и до 30, такожде и шириною... во оной пещере завсегда волглой и студенной воздух, и от оного воздуха

весьма рождается иней... многие... проходы льдом заплыли, а в иных местах изо льду великие пирамиды сочинились» (Геннин В. Описание уральских и сибирских заводов. М, 1937, с. 571-572).

К этому же периоду относится публикация книги Ф. И. Страненберга (1730), в которой описывалась Кунгурская пещера и приводился ее план. Однако уже современники отнеслись к этому сообщению критически, поскольку было известно, что Страненберг в Кунгурской пещере не был и описал ее с чужих слов, приложив план, составленный С. У. Ремезовым в 1703 г.

В конце 1733 г. И. Г. Гмелин, Г. Ф. Миллер и некоторые другие участники Великой Северной экспедиции (1733—1744), направляясь в Сибирь, посетили Кунгурскую ледяную пещеру, в которой они «...довольно часто блудили, по временам ползали на четвереньках...». И. Г. Гмелин описал Кунгурскую пещеру в отдельной небольшой (8 рукописных страниц латинского текста) работе, приложив к ней план ближней части пещеры и рисунок ее внешнего вида. На русском языке эта работа, копия которой была найдена в архиве Г. Ф. Миллера, впервые была опубликована в приложении к статье А. Н. Иванова (1958). И. Г. Гмелин отметил обилие ледяных образований в Кунгурской пещере, привел данные о температуре воздуха и указал, что гора, в которой находится пещера, состоит из гипса. Им подробно описан способ съемки плана пещеры: «Отклонения пещеры я отмечал по магнитной стрелке. Художник же изобразил карандашом внутреннее устройство отдельных мест. Расстояния я отмерял шагами, которые потом перевел в сажени».

Таким образом, уже в первой половине XVIII в. были охарактеризованы карстовые явления некоторых районов Русской равнины и дано правильное объяснение генезиса карстовых форм.

**Исследования во второй половине XVIII в.** Важную роль в изучении карста Русской равнины, в развитии представлений о сущности карстового процесса и формировании натечных образований сыграли замечательные работы М. В. Ломоносова: «О слоях земных» и «Слово о рождении металлов от сотрясения земли». Говоря о карстовом процессе, М. В. Ломоносов писал: «...дождевая вода, когда горы проникает, тончайшие земляные частицы, из которых камни складываются, в себе разводит,

и от тех силу получает другие тела претворять в камень, оставя в их скважинах оные частицы, которые прежде из каменной горы взяла с собою. Доказывают сие многие пещеры... Между тем дождевая вода сквозь внутренности горы процеживается, и распущенные в ней минералы несет с собою, и в оные расселины выжиманием или капаньем вступает; каменную материю в них оставляет таким количеством, что в несколько времени наполняет все оные полости» (Ломоносов М. В. О слоях земных и другие работы по геологии. М.—Л, 1949, с. 180—181). Великий ученый с предельной ясностью подчеркнул взаимосвязь между процессом разрушения карстующихся пород преимущественно за счет выщелачивания их природными водами и процессом формирования натечных и других осадочных образований.

Некоторые сведения о карстовых формах юго-восточной части Русской равнины приводятся в работе П. И. Рычкова (1762) «Топография Оренбургской губернии».

Большое внимание изучению карстовых явлений, особенно в восточной части Русской равнины, уделяли участники академических экспедиций второй половины XVIII столетия Н. П. Рычков (1770), И. И. Лепехин (1771, 1772), П. С. Паллас (1773, 1786, 1788) и И. П. Фальк (1824), которые связывали происхождение карстовых форм с деятельностью природных вод, циркулирующих в толще легкорасторимых горных пород.

Н. П. Рычков описал карстовые явления на Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Он посетил ледяную пещеру на правом берегу р. Ик (приток р. Камы) и составил ее план. Близ пещеры Н. П. Рычков отметил широкое распространение поверхностных карстовых форм: «Во круг оныя пещеры находится множество круглых и... глубоких ям... Все сии великия ямы состоят из слоев гипсового камня и во глубине оных видимо несколько узких отверстий, которые ни что иное, как знаки их всеобщего между собою соединения» (Рычков, 1770, с. 98—99). Говоря о происхождении пещер, он подчеркнул, «что творительницею оных есть никто иный, как вода, которой течение сокрыто в недрах сея земли» (с. 98).

И. И. Лепехин исследовал карст Поволжья и восточной окраины Русской равнины. В бассейне р. Пьяны ов

обратил внимание на периодически исчезающее карстовое озеро Возьянское, а на Самарской Луке, возле с. Печерского, отметил пещеры, которые «были невелики и неправильны». В бассейне р. Белой И. И. Лепехин описал Курманаевскую пещеру, пещеры в горах Муйнак-Таш и Байслан-Таш, подземную речку Астындан-Жилга и другие карстовые образования. Он посетил также Кунгурскую ледяную пещеру и подробно ее охарактеризовал, подчеркнув, что «она водному элементу начало свое долженствует». На поверхности Ледяной горы, в недрах которой находится пещера, И. И. Лепехин обнаружил «великие в гору провалины наподобие обороченного конуса глубиною сажен на десять».

В своих работах И. И. Лепехин не только описал различные карстовые районы России, но и в принципе правильно осветил важнейшие проблемы карстоведения, при этом во многих вопросах, как указал Н. А. Гвоздецкий, он более чем на столетие опередил западноевропейских исследователей.

П. С. Паллас изучал карст Ковровского плато, Приволжской возвышенности, Самарской Луки, Уфимского плато, у оз. Баскунчак (Прикаспийская низменность) и других районов Русской равнины, где отметил глубокие ямы, провалы, пещеры, мощные карстовые источники, а также подземные полости (в известняковом карьере на правобережье р. Нерехты), выполненные рыхлыми отложениями. В 1768 г. он посетил и впервые описал Борнуковскую пещеру, в которой произвел наблюдения за температурой воздуха.

В 1772 г. в Кунгурской ледяной пещере побывал И. П. Фальк. В районе г. Кунгуря он отметил большое число карстовых форм. Наиболее крупный провал, расположенный на правом берегу р. Ирени у д. Меховой, «сначала был глубиною в 25 сажен и в котловине своей имел воду» (Фальк И. П. Записки путешествия академика Фалька.— В кн.: Полное собрание ученых путешествий по России, т. 6. СПб., 1824, с. 276).

Провалы по берегам рек Сылвы, Ирени, Иргины и Чусовой отметили И. Г. Георги в 1773 г. и Б. Герман в 1792 г.

Таким образом, во второй половине XVIII в. сведения о карстовых явлениях значительно расширяются и охватывают различные районы Русской равнины. В работах

М. В. Ломоносова, И. И. Лепехина и других выдающихся русских ученых углубляются представления о сущности карстового процесса и образовании карстовых форм, причем в решении этих вопросов русская научная мысль значительно опередила представления западноевропейских исследователей.

**Исследования в первой половине XIX в.** Этот этап характеризуется накоплением новых сведений о карсте Русской равнины, а также анализом и обобщением ранее полученных карстоведческих данных и прежде всего материалов академических экспедиций.

Большое внимание описанию пещер, провалов и других карстовых форм различных районов Русской равнины уделяется в работах Н. С. Попова (1804), В. М. Севергина (1809) и Е. Ф. Зябловского (1810). Особый интерес среди них представляет исследование В. М. Севергина «Опыт минералогического землеописания Российского государства», которое можно рассматривать как первую региональную сводку о карстовых явлениях в России.

В 1837 г. карстовые образования в бассейнах рек Северной Двины, Пинеги, Кулоя и Мезени обследовал А. Шренк. Он подробно описал Кулогорскую гипсовую пещеру на Пинеге и отметил «безчисленные воронкообразные углубления, рассеянные по ровной поверхности земли», которые «придают столь особенный вид гипсовым почвам, и происходят от земляных обрывов, ежегодно случающихся в почвах здешнего края» (Шренк А. Путешествие к северо-востоку Европейской России... СПб., 1855, с. 81).

В 1843 г. профессор Казанского университета М. Я. Киттары (1848) подробно описал Кунгурскую пещеру и составил план обследованной ее части. Специальные исследования карстовых провалов в окрестностях г. Тулы, образовавшихся в лесном массиве и протянувшихся цепочкой с севера на юг на расстоянии более одного километра, провел Г. Абих (Abich, 1854). В центральной части этой полосы, на окраине старого провала, в 1854 г. образовался новый крупный провал площадью около 1700 м<sup>2</sup> и глубиной 50 м (25 сажен). Им составлена схема распространения этих провалов.

Итак, хотя в первой половине XIX в. были достигнуты известные успехи в исследовании карста Русской равнины, однако по сравнению с предыдущим этапом раз-

мых исследовательских работ в этом направлении несколько снизился.

**Исследования во второй половине XIX в.** Отмена крепостного права и быстрое развитие капитализма в России способствовали расширению, особенно на территории Русской равнины, географических и геологических исследований.

Сведения о карстовых формах содержатся в работах В. И. Меллера (1875), П. И. Кротова (1884), И. В. Мушкетова (1895), Д. Л. Иванова (1897, 1899), Ф. Н. Чернышева (1897). Н. Н. Соболева (1899) и других геологов, проводивших изыскания в связи с решением различных народнохозяйственных задач, в том числе с проектированием железнодорожных магистралей.

Интересные данные о провальных воронках и пещерах близ горы Большое Богдо и на Биш-Чохо (Прикаспийская низменность) привел И. Б. Ауэрбах (1871). Е. С. Федоров (1883) описал карст в окрестностях г. Кунгура, а также обратил особое внимание на формирование в Кунгурской пещере ледяных образований. Впервые в отечественной литературе он применил термины «карст», «карстовые явления». Продолжением работы Е. С. Федорова явилось замечательное исследование Ю. Листова (1885) о пещерах-ледниках, в котором рассмотрены вопросы образования пещерного льда. С. Т. Никитин (1889) отметил многочисленные карстовые воронки близ г. Сергиевска на р. Сок, связав линейное расположение их с особенностями тектонической трещиноватости карбонатных пород верхней перми. Первая схема спелеологического районирования была предложена Г. О. Оссовским (1895), который в пределах юго-западной окраины Европейской России (в ее прежних границах) по особенностям геологического строения территории выделил три спелеологические области: Krakowsko-Ченстоховскую, Карнатскую и Восточно-Галицкую. В последней области, где карстуются гипсы неогена, он детально описал пещеру Вертебу и отметил около нее крупные карстовые воронки.

Значительное внимание уделяется изучению карстовых озер близ Белого озера (Амалицкий, 1891), в бассейнах рек Мегры, Ковжи и Шолы (Куликовский, 1895), на юге Полесья (Тутковский, 1899) и в других районах Русской равнины. При этом было установлено, что некоторые озера питаются восходящими источниками.

Важный вклад в изучение карста Русской равнины внес В. В. Докучаев, охарактеризовавший особенности распространения и условия развития карста во многих районах Среднерусской и Приволжской возвышенностей. Наиболее подробно карст описан им в бассейнах рек Пьяны и Сережи, где широко распространены карстовые воронки и котловины диаметром до 200 м и глубиной 32 м. Морфология их различна: «то это мелкие, нерезко очерченные котловины с пологими склонами... то это, напротив, глубокие ямы с отвесными или, по крайней мере, очень крутыми стенами» (Докучаев В. В. Русский чернозем. СПб., 1883, с. 62). Некоторые карстовые провалы заполнены водой и превращены в озера. В отдельных случаях карстовые озера достигают 3 км длины (Пырское, Широкое) и 30 м глубины. «Вода их обыкновенно очень жесткая, холодная и чрезвычайно чистая; на дне виднеются местами еще уцелевшие, вертикально стоящие, провалившиеся деревья (Макшинское, Святое озеро и другие)». Карстовые «озера иногда очень быстро высыхают, уходят, как выражаются крестьяне, причем воду их крутит, как в воронке (Чарское озеро)», со дна других озер (Вадское) «бьют вверх сильные струи воды» (Докучаев В. В. Материалы к оценке земель Нижегородской губернии. Сочинения, т. 5. М., Изд-во АН СССР, 1950, с. 348). Среди подземных карстовых форм подробно описана Борнуковская пещера, приуроченная к толще гипса мощностью 24 м. Она начинается большим входом (4 м высоты и 6 м ширины), который через 8—10 м переходит в огромный грот длиной 85—95 м, шириной 21 м и высотой 8—10 м. В конце грота два небольших озера (глубина до 2 м), где водится мелкая рыба. В. В. Докучаев приводит данные о температуре воздуха (11° С) и воды (6° С) в пещере. Он говорит также о широком распространении карстовых источников, отличающихся чистой и холодной (6° С) водой.

В. В. Докучаев впервые охарактеризовал карстообразующую роль отдельных природных компонентов, а также выявил особенности влияния карста на природные условия территории, наметив тем самым новый, ландшафтно-географический подход к изучению карста.

Таким образом, значительный размах геологических и географических исследований во второй половине XIX в., вызванный потребностями развивающейся эконо-

мики, благоприятствовал накоплению материалов о карсте Русской равнины и расширению представлений о распространении и характере карстовых явлений отдельных районов этой территории. Наметился ландшафтно-географический подход, который способствовал более глубокому исследованию карста.

**Исследования в начале XX в.** Этот этап характеризуется значительным расширением карстоведческих исследований, крупными научными обобщениями и важными теоретическими выводами.

Начало этапа ознаменовалось выходом работы А. А. Крубера (1901) «О карстовых явлениях в России», которая является первой региональной сводкой о карсте Русской равнины. В ней охарактеризованы карстовые образования в различных районах Онего-Двинского междуречья, Валдайской возвышенности, Среднего Поволжья, Уфимского плато, Прикаспийской низменности и Волыно-Подольской возвышенности. Подробно описаны карстовые провалы близ Мясоедово и Дедилово (к юго-востоку от Тулы), которые были обследованы А. А. Крубером летом 1897 г. На этой территории им выявлено около 140 карстовых провальных воронок, занятых преимущественно озерами и болотами. Наиболее крупные из них достигают 80 м в диаметре и 75 м глубины. Отмечены молодые провалы до 11 м в диаметре и 21 м глубины. Им были высказаны интересные соображения об эволюции карстовых провалов, которые «с течением времени теряют отвесный характер склонов и значительную глубину и обращаются сначала в воронкообразные углубления, которые в свою очередь со временем переходят в плоскую блюдцеобразную форму».

В начале XX в. в разных районах Русской равнины развертываются широкие исследования карста, результаты которых обобщены в работах А. С. Козменко (1909, 1913), Ф. В. Лунгерсгаузена (1911), А. Н. Мазаровича (1912), Н. Ф. Погребова (1913), В. А. Варсанофьевой (1915, 1916) и др.

А. С. Козменко подробно описал карстовые формы в северной части Среднерусской возвышенности, развитые в известняках девона. Он выявил особенности распространения карстовых форм, их типы и генезис, обратив особое внимание на роль природных факторов в карстообразовании, влияние карста на режим природных вод и

характер растительности. Карты распространения карстовых форм, составленные А. С. Козменко, отличаются большой детальностью. Они сохранили научное и прикладное значение до настоящего времени.

Ф. В. Лунгерсгаузен детально обследовал карстовые образования в бассейнах рек Черни, Неруча, Пониковца, Любовши, Локотцы и Лазавки (Среднерусская возвышенность). Отметив широкое, хотя и неравномерное распространение карстовых воронок и блюдец, он подчеркнул приуроченность их к эрозионным формам (лощинам), где рыхлые отложения, перекрывающие верхнедевонские карбонатные породы, имеют незначительную мощность. Ф. В. Лунгерсгаузен обратил внимание на важную роль растительности в карстообразовании.

А. Н. Мазарович описал карст долины р. Пьяны между д. Воронцова к с. Ичалки. Он показал, что карстовые образования наиболее часто встречаются в окрестностях Еделево, Борнуково и Ичалки, где имеются провалы до 60 м в диаметре и 20 м глубины. Многие из них заняты водой. Особенно интенсивно карст развит в Ичалковском бору. Здесь преобладают крупные (до 200 м в длину) провальные воронки с крутыми, иногда отвесными склонами. А. Н. Мазарович описал Борнуковскую пещеру и две небольшие пещеры в Ичалковском бору.

Н. Ф. Погребов исследовал карст Ижорской возвышенности, отметив широкое распространение в ее пределах карстовых воронок. Он установил зависимость питания подземных вод атмосферными осадками от погодных условий. В холодные зимы, когда почва глубоко промерзает, атмосферные осадки почти полностью стекают по поверхности; напротив, после мягких зим снеговые воды в значительной мере поглощаются карстовыми воронками и формируют подземный сток. Составленная Н. Ф. Погребовым схема распространения карстовых воронок Ижорской возвышенности не утратила своего значения до настоящего времени.

В. А. Варсанофьева подробно описала карстовые образования (воронки, провалы, пещеры) в долине Сылвы, Иргины, Ирени и Юрзани, а также исчезающие карстовые реки Сарву, Лекудру, Саулу, Кизил-Таш, Яман-Елгу и др. Выявив своеобразие карстовых процессов в различных частях Уфимского плато, В. А. Варсанофьева выделила три карстовые области, отличающиеся особенно-

стями литологии и геологического строения. Она рассмотрела некоторые теоретические вопросы карстоведения и подчеркнула важную роль в карстообразовании природных факторов.

Особенно большой вклад в развитие представлений о карстообразующей роли природных факторов внес А. А. Крубер (1915), впервые наиболее полно проанализировавший вопрос о влиянии состава горных пород, особенностей климата, растительности и почвенного покрова на карст.

Накоплению сведений о карсте способствовали также геологические изыскания, проводившиеся в связи со строительством железных дорог. Они содержатся в работах А. Михальского (1901), П. Тутковского (1911, 1912), А. А. Шту肯берга (1911), А. А. Чернова и М. С. Швецова (1915). П. Тутковским впервые рассмотрен вопрос о роли артезианских вод в образовании карстовых форм.

Таким образом, в начале XX в. расширяются карстоведческие исследования. При этом усиливается интерес к изучению природных факторов карстообразования, что способствовало в дальнейшем развитию нового подхода в изучении карста, который в советский период оформленся как ландшафтно-географический.

## СОВЕТСКИЙ ПЕРИОД

За годы Советской власти достигнуты значительные успехи в развитии карстоведения, именно в это время ставшего особой отраслью научного знания.

Исследования карста Русской равнины проводились в тесной связи с запросами народного хозяйства и поэтому их периодизация во многом совпадает с некоторыми важными событиями в жизни нашей страны. Вместе с тем она определяется также особенностями развития самих исследований и некоторыми научно-организационными мероприятиями по обобщению их результатов.

Советский период подразделяется на следующие основные этапы: первый этап (1917—1927), второй этап (1928—1933), третий этап (1934—1941), четвертый этап (1942—1947), пятый этап (1948—1956), шестой этап (1957—1966) и седьмой этап (с 1967 г. по настоящее время).

**Первый этап (1917—1927).** В первые годы Советской власти, когда молодая республика была занята восстанов-

лением в конец разрушенного народного хозяйства, специальные карстоведческие исследования на территории Русской равнины почти не проводились. Наиболее известны в этот период работы А. Д. Стопневича (1921), Г. Мауэра (1925), В. И. Монаховой, А. С. Буличкиной и Б. И. Чернышева (1927).

А. Д. Стопневич подробно описал карст между ст. Пикалево и д. Рудная Горка. Среди карстовых форм здесь особенно широко распространены воронки, которые отмечаются близ ст. Пикалево, у деревень Дмитрово, Сенецкая и Рудная Горка. Воронки в основном небольшие и лишь некоторые из них достигают 25 м в диаметре и 7 м глубины. На реках Пярдомья, Рагуша, Ленинка и Табашка, являющихся притоками Воложбы, отмечены суходолы. Характерны также карстовые источники, среди которых особенно интересны восходящие, выбивающиеся из-под земли несколькими грифонами и образующие иногда небольшие озера.

**Второй этап (1928—1933).** Наметившийся в конце 20-х годов подъем экономики нашей страны, переход к плановому хозяйству, расширение гидротехнического, промышленного, дорожного и гражданского строительства определили более углубленное и всестороннее исследование карста разных районов Советского Союза. Наряду с решением чисто прикладных задач, которые выдвигаются на первый план, в этот период ставятся и разрабатываются вопросы теории карстоведения и внедряются новые методы исследования. Накапливаются также данные о карсте разных районов Русской равнины, содержащиеся в работах Л. И. Семихатовой (1928), М. Г. Терехова (1929), М. Б. Едемского (1931), А. М. Жирмунского (1932) и М. М. Толстыхиной (1932).

В 1928—1930 гг. экспедиция Государственного гидрологического института под руководством В. Я. Альтберга провела систематические наблюдения над температурой, влажностью и циркуляцией воздуха Кунгурской ледяной пещеры и получила очень интересные результаты.

Специальные исследования карста в районе Самарской Луки в связи с гидротехническим строительством были осуществлены геоморфологической партией под руководством А. С. Баркова, при участии Н. И. Соколова, Н. И. Кузина, Ю. Н. Проферансова и других исследователей. В 1933 г. А. С. Барков выступил на первом

Всесоюзном географическом съезде с докладом «Карст Восточно-Европейской равнины», который привлек внимание к исследованию карста. На примере Самарской Луки А. С. Барков показал роль трещиноватости горных пород, растительности и других природных факторов в развитии карста. Этот вопрос, наряду с обобщением сведений о карсте Советского Союза, был рассмотрен также И. С. Щукиным (1933).

В декабре 1933 г. в г. Кизеле (Урал) состоялась первая в нашей стране карстовая конференция. На ней было заслушано 15 докладов о карсте Кизеловского каменноугольного месторождения, расположенного в сильно закарстованных известняках. В решении конференции подчеркивалась важность изучения карста Кизеловского бассейна в связи с практикой шахтного строительства и эксплуатации. Формально задачи конференции ограничивались рассмотрением вопросов, непосредственно связанных с разработкой угольных месторождений в условиях карста Урала, однако конференция во многом имела общекарстоведческое значение.

Характерной особенностью этого этапа является внедрение стационарных методов исследования карста. Дальнейшее развитие, особенно в работах А. С. Баркова и И. С. Щукина, получает ландшафтно-географическое направление в изучении карста.

**Третий этап (1934—1941).** В этот период, в связи с бурным развитием народного хозяйства страны, широко развернулись геологические, географические и специальные карстоведческие исследования. Это позволило определить площади распространения растворимых пород некоторых районов Русской равнины и получить данные об их закарстованности. Буровыми и геофизическими исследованиями установлено широкое развитие подземных карстовых полостей, которые встречаются на разных глубинах. Уделяется значительное внимание инженерно-геологическим исследованиям при гидротехнических, промышленных и дорожных работах. Активно внедряются геофизические методы исследования карста, особенно электроразведка. Разрабатываются и совершенствуются лабораторные и экспериментальные методы.

В региональных работах Я. Барабановской, Н. Дику (1934), Н. И. Бириловой (1934), В. В. Ламакина (1934), В. Ф. Мильнера (1935), А. А. Дубянского (1937),

З. В. Яцкевич (1937, 1938), А. И. Борисова (1938, 1940), Г. Д. Карамышевой (1938), С. Н. Поршнякова (1939), В. Ф. Богословского (1940), А. А. Гедеонова (1940), А. И. Дзенс-Литовского, Е. И. Шашеровой (1940), Н. Рыбина (1940), А. Сысоева и С. Ружевского (1940) наряду с общей характеристикой карстовых явлений рассматриваются методические и теоретические вопросы.

А. А. Дубянский впервые описал древние погребенные карстовые формы в меловых породах Среднерусской возвышенности и привел доказательства об их допалеогеновом и неогеновом возрасте. Эта работа положила начало изучению погребенного, не выраженного в рельфе, мелового карста. А. А. Дубянский обратил внимание на то, что хотя посещенные им районы были геологически хорошо изучены и покрыты геологической съемкой, однако карст в мелу не был ни кем отмечен. Между тем «карст в мелу геологи не могли не видеть, но они его не замечали, не узнавали; явления, вызванные карстом в мелу, передко принимались за проявления тектоники или оползней» (Дубянский А. А. Ископаемый карст среди верхнемеловых отложений. М., 1937, с. 298).

В этот период А. С. Барков подготовил сводную работу по карсту Русской равнины. Часть ее была издана в 1957 г. А. С. Барков указал районы распространения карста, описал карстовые формы и выделил типы карста Русской равнины.

Впервые районирование карста Русской равнины провел М. А. Зубащенко (1939). На территории Русской равнины он выделил восемь карстовых областей: Северную, или Онежско-Двинскую; Центральную, или Верхнего Поволжья; Среднерусской возвышенности; Донецкого бассейна: Среднего Поволжья; Прикаспийской низменности; Предуральскую; Юго-Западную, или Волыно-Подольскую.

Это исследование, а также труды Ф. П. Саваренского (1935), Е. В. Милановского (1937) и И. К. Зайцева (1940), являющиеся первым крупным вкладом в изучение карста, знаменуют определенные успехи советского карстоведения в довоенное время.

**Четвертый этап (1942—1947).** Во время Великой Отечественной войны, когда все усилия нашего народа были направлены на разгром немецко-фашистских захватчиков, исследования карста Русской равнины были в значитель-

ной мере свернуты. В конце войны и особенно после ее окончания исследовательские работы расширяются. Наиболее интенсивно они проводятся в северной части Русской равнины и в Предуралье.

Сведения о карсте обобщаются С. Г. Каштановым (1943), А. А. Гедеоновым (1947), М. А. Зубащенко (1947) и А. В. Ступишиным (1947).

В январе 1947 г. в Перми была проведена карстовая конференция, созванная Пермским естественнонаучным институтом и Государственным университетом. Она подвела итог изучению карста в Советском Союзе, показала роль карста в решении народнохозяйственных проблем и обратила внимание исследователей на основные вопросы карстоведения, сформировавшегося к тому времени в новую отрасль научных знаний. На 10 заседаниях конференции было заслушано 46 докладов. Опубликованные тезисы этих докладов и два выпуска трудов «Карстоведение» являются очень важными материалами по общему и региональному карстоведению. Пермская конференция послужила серьезным толчком к дальнейшему развитию исследований карста в СССР.

В январе 1946 г. Пермским университетом при заповеднике «Предуралье» была основана карстово-спелеологическая станция, которая развернула интересные карстологические исследования в восточной части Русской равнины и на западном склоне Среднего Урала.

**Пятый этап (1948—1956).** Послевоенные пятилетки были временем мощного индустриального развития страны и строительства. Широкий размах получили исследовательские работы и, в частности, по карсту.

Результаты изучения карста Русской равнины обобщены А. Ф. Якушовой (1949), Н. А. Гвоздецким (1954) и Д. В. Рыжиковым (1954). Работа А. Ф. Якушовой «Карст палеозойских карбонатных пород на Русской равнине» («Учен. зап. МГУ», вып. 136. Геол., т. 3, 1949) представляет наибольший интерес как региональное исследование.

А. Ф. Якушова описала древний и современный карст Валдайской, Ижорской, Среднерусской возвышенностей, Самарской Луки и Среднего Поволжья, собрав разнообразные материалы по истории развития карста, роли палеогеографических условий в карстообразовании и особенностям распространения карста. Она пришла к выво-

ду «о широком распространении в пределах Русской равнины интенсивных карстовых процессов, происходивших в длительный палео-мезозойский континентальный период и захвативших различные стратиграфические горизонты известняков от верхнедевонских до верхнепермских» (с. 80). А. Ф. Якушова выделила несколько карстовых циклов, начиная с додевонского и кончая современным, рассмотрела вопросы о глубине карстообразования и возрасте карста.

Особое положение занимает монография Н. А. Гвоздецкого «Карст» (1954), в которой обосновывается намечавшийся еще в дореволюционное время в работах В. В. Докучаева, Н. Н. Соболева, А. С. Козменко, Ф. В. Лунгерграузена и А. А. Крубера, а позднее — А. С. Баркова и И. С. Щукина ландшафтно-географический подход в изучении карста.

Наиболее широкие исследования в это время проводятся на Среднерусской возвышенности, в Среднем Поволжье, в Предуралье, в Прикаспийской низменности и на юго-западной окраине Русской равнины.

Большой вклад в изучение мелового карста Среднерусской возвышенности сделал М. А. Зубащенко. Он подробно охарактеризовал особенности развития и распространения мелового карста, выделив его в качестве особого литологического типа. Значительное внимание М. А. Зубащенко уделил вопросам районирования карста. Меловой карст был описан также Н. С. Миллером и Н. С. Пядиной.

А. С. Корина (1948) кратко описала карстовые явления Ковровского плато, расположенного в северной части Окско-Цининского вала, где карстуются верхнекаменноугольные и верхнепермские известняки и доломиты, содержащие прослои гипса. Современный карст представлен воронками, понорами и логами. А. С. Кориной составлена схема распространения карста в бассейне Нижней Клязьмы.

В. И. Игнатьев (1952) охарактеризовал морфологию, генезис и эволюцию карстовых образований на междуречье низовьев рек Оки и Теши. Он рассмотрел особенности распространения карстовых форм рельефа в связи с геологическим строением территории. Помимо карстовых воронок и котловин на правобережье р. Кишмы (правый приток Оки) выявлена крупная (площадью

30 км<sup>2</sup> и глубиной 40—50 м) Ворсминская депрессия, типа карстового поля, поверхность которой изрыта неправильно чередующимися округлыми понижениями, карстовыми провалами и долинами исчезающих рек. Отмечено народнохозяйственное значение карста.

Б. В. Селивановский (1952) дал общее описание карста Среднего Поволжья, проанализировав роль геологического строения территории в карстообразовании. Он подчеркнул наибольшее развитие карста на участках поднятий (Алатырские поднятия, Соко-Шешминские поднятия, Вятский вал), где на дневную поверхность выведены значительные толщи легкорастворимых пород, а также почти полное отсутствие его в пределах прогибов (Сурского-Ветлужского и Камского), что определяется глубоким залеганием здесь нижнепермских сульфатных образований, перекрытых мощной толщей водонепроницаемых отложений.

В работе А. В. Ступишина (1956) дан глубокий анализ особенностей развития и распространения карста Среднего Поволжья, проведена реконструкция карстовых палеоландшафтов, дано районирование карста и показано его влияние на природные комплексы и хозяйственную деятельность человека.

Л. В. Голубева описала карст среднего течения р. Сылвы и низовьев Ирени в северной части Уфимского плато, где широко распространены карстовые воронки, достигающие 100 м в диаметре и 25 м глубины (средняя площадь воронок в некоторых местах — 250 на 1 км<sup>2</sup>), котловины, суходолы и пещеры.

М. И. Давыдова охарактеризовала условия карстообразования и особенности распространения карстовых форм рельефа в верховьях Дона, подчеркнув, что «развитию карстовых процессов предшествует эрозионное расчленение... территории». Она рассмотрела вопрос о типах карста и отметила необходимость учета карстовых явлений при строительстве прудов и водоемов на участках распространения карбонатных пород.

Продолжаются исследования карста на специальных стационарах, подводятся первые итоги стационарных карстово-спелеологических исследований. Особенно большая работа по систематическому изучению генезиса, особенностей распространения и эволюции карстовых образований в северной части Уфимского плато проводится ра-

ботниками карстово-спелеологической станции Естественнонаучного института при Пермском государственном университете. Ими были выявлены интересные закономерности распространения карстовых форм, приуроченных к сульфатным и карбонатным породам. В 1948 г. на базе Кунгурской ледяной пещеры организуется карстово-спелеологическая станция Уральского научного центра АН СССР. На этой станции ведутся систематические физико-химические, гидрометеорологические и другие наблюдения, результаты которых публикуются в различных изданиях.

В январе — феврале 1956 г. в Москве состоялось большое междуведомственное совещание по изучению карста, имевшее значение всесоюзной конференции. На этом совещании было заслушано 124 доклада, в которых освещались вопросы общего, регионального и прикладного карстоведения. Тезисы всех прочитанных докладов были опубликованы к совещанию в 18 выпусках. На совещании было принято решение об усилении координации и обмене опытом среди советских карстоведов. В связи с этим Президиум Академии наук СССР создал Междуведомственную комиссию по изучению геологии и географии карста, которая сейчас реорганизована в Карстовую комиссию Научного совета по инженерной геологии и грунтоведению Отделения геологии, геофизики и геохимии АН СССР. Труды совещания позже были опубликованы в трех сборниках: «Общие вопросы карстоведения», «Региональное карстоведение», «Специальные вопросы карстоведения».

**Шестой этап (1957—1966).** Он характеризуется бурным развитием всех отраслей народного хозяйства, науки и, в частности, проведением широких исследований по карсту. Карстоведческие работы этого периода в значительной мере координировались Междуведомственной комиссией по изучению геологии и географии карста.

По отдельным карстовым регионам и Русской равнине в целом в это время публикуются крупные исследования. Особый интерес среди них представляет монографический труд Д. С. Соколова («Основные условия развития карста». М., 1962), в котором глубоко и всесторонне проанализирована сущность процесса карстообразования, обобщен обширный материал по многим вопросам исследования карста, дана краткая характеристика карста Русской

равнинны. Выделяются также работы Г. А. Максимовича и Н. В. Родионова. В крупной монографии Г. А. Максимовича (1963) содержатся разнообразные данные о карсте Русской равнинны. В ней рассматриваются основные условия карстообразования, дается классификация и типология карста, а также освещаются вопросы морфологии, спелеологии и гидрогеологии карста. В монографии Н. В. Родионова (1963) обобщены материалы по карсту всей Русской равнинны, описаны геологические условия развития карста и дана подробная карта его распространения.

Наиболее широко карстоведческие работы развернулись в это время в Прибалтике, Онего-Двинском между речье, Кулойском и Уфимском плато, Среднем Поволжье, Среднерусской возвышенности, Донбассе и Подолии.

Наиболее детальные исследования в Прибалтике были проведены М. А. Гатальским, Ю. И. Хейнсалу, М. С. Газизовым, М. А. Кавецкисом, В. В. Левыкиным и Ю. М. Гуревичем.

М. А. Гатальский (1957) подчеркнул важную роль в развитии карста Северной Прибалтики вертикальных тектонических трещин, определяющих проникновение поверхностных вод в глубь карбонатного массива. Он отметил, что наиболее закарстованы тектонические трещины северо-восточного профиля, вдоль которых крупные карстовые формы встречаются по всей толще карбонатных пород. Что касается трещин северо-западного направления, то они слабопроницаемы и характеризуются развитием карста лишь в зоне, расположенной выше современного базиса эрозии. М. А. Гатальским определена общая закарстованность карбонатных пород ордовика, которая составляет 2%, причем с глубиной уменьшается от 7 до 0,2%. Он выделяет три этапа карстообразования: древний (додевонский), позднейший (последевонский) и новейший (последледниковый), приводит схему распространения карстовых форм Ижорской возвышенности.

Ю. И. Хейнсалу (1957, 1959) разработал классификацию карстовых форм Эстонской ССР. Им подробно описан карстовый участок Коствере, расположенный в 20 км к востоку от Таллина, где вдоль подземного течения р. Йыэляхтме, на протяжении 2,5 км широко распространены различные карстовые формы, тесно связанные

ные с тектоническими трещинами. Ю. И. Хейнсалу показал, что в образовании карстовых форм наряду с выщелачиванием существенную роль играли процессы эрозии.

М. С. Газизов (1958, 1962) на основе многолетних исследований описал подземный карст Прибалтийского сланцевого бассейна. Зоны подземного карста, приуроченные к тектоническим трещинам северо-восточного направления, имеют большое протяжение (до 5000 м) и охватывают всю толщу карбонатных пород ордовика. Известняки и доломиты в зонах глубинного карста сильно раздроблены, промежутки между их обломками заполнены глинистым материалом. Расположенные в пределах этих зон участки горючих сланцев подверглись значительному изменению, что связано с выщелачиванием (?) органического вещества и выносом его из сланцевой толщи подземными водами, обогащенными сернокислыми и углекислыми соединениями. В рельефе поверхности зоны подземного или глубинного карста местами фиксируются по наличию поверхностных карстовых форм и увеличению мощности четвертичных отложений, выполняющих понижения в коренных образованиях.

М. А. Кавецкис (1961) установил интенсивное развитие карстовых процессов в девонских и пермских породах на территории Латвийской ССР. Им рассмотрены некоторые мероприятия по борьбе с карстом при решении народнохозяйственных задач.

В. В. Левыкин (1962) показал, что на Ленинградском месторождении горючих сланцев наибольшая закарстованность карбонатных пород отмечается в верхней части ордовикской толщи до глубины 20—25 м. Замещение на некоторых участках горючих сланцев голубыми глинами он объясняет изменением фациальных условий в период формирования сланцевой толщи и видоизменением сланца под влиянием вторичных процессов. В. В. Левыкин считает, что в пределах таких участков развивались небольшие тектонические нарушения и мелкая вертикальная трещиноватость, допуская возможность поступления по этим нарушениям в толщу ордовика гидротермальных вод, обусловивших изменение сланцев.

Ю. М. Гуревич (1966) выделил в ордовикских известняках и доломитах Ижорской возвышенности четыре гидродинамические зоны, охарактеризовав их мощность и степень закарстованности. Он показал влияние карста на

уровень подземных вод, который имеет наиболее высокое положение в слабозакарстованных известняках, а также привел данные о переводе части инфильтрационных вод (10—30%) в общий региональный сток.

Карст Онего-Двинского междуречья, Кулойского пла-то и Предуралья изучался многими исследователями. Выделяются работы Ю. Е. Журенко, К. А. Горбуновой, К. Г. Бутыриной, С. П. Ткалич и Н. П. Торсуева.

Ю. Е. Журенко (1957) описал карст восточной части Общего Сырта в долинах рек Салмыш, Большая Кургаза и Большая Юшатырь, где развиты крупные карстовые воронки, приуроченные к гипсам кунгура. Интенсивное развитие здесь карстовых процессов он связывает с проявлением восходящих тектонических движений неогенового и четвертичного времени.

К. А. Горбунова (1958, 1965) охарактеризовала важнейшие особенности распространения и развития сульфатного карста восточной окраины Русской равнины. Наиболее детально описан карст низовьев Чусовой и Сылвинского кряжа, дана схема районирования карста Пермской области.

К. Г. Бутырина (1960, 1962, 1966) проанализировала условия развития и особенности распространения гипсового карста Косьвинско-Чусовского междуречья Пермской области. По комплексу признаков в Полазнинском и в северной части Сергинского карстовых районов она выделила и детально охарактеризовала 11 карстовых участков и около 30 карстовых полей. Рассмотрены морфологические и гидрохимические особенности гипсового карста, а также показано его ландшафтобразующее и прикладное значение.

С. П. Ткалич (1961) указывает, что близ городов Уфы и Черниковска карст в основном гипсовый. Здесь развиты воронки, котловины, поноры и пещеры. Широко распространены древние карстовые формы (отдельные достигают 400 м в диаметре и 60 м глубины), выполненные неогеновыми и четвертичными отложениями. Особенно интересны подземные полости поперечником 10 м. Все они приурочены к зоне вертикальной и горизонтальной циркуляции подземных вод. В большинстве случаев подземные карстовые полости выполнены суглинками, глинями и мелкозернистыми песками.

Н. П. Торсуев рассмотрел условия карстообразования

и установил некоторые закономерности распространения карста Онего-Двинского междуречья и Кулойского плато. Он определил стадии развития и дал схему районирования карста этой территории.

Особенно широкие исследования были проведены в Среднем Поволжье.

Н. А. Гвоздецкий и А. И. Спиридовон (1958) выявили в Нижней Клязьме многочисленные карстовые воронки, котловины и блюдца, образовавшиеся в результате выщелачивания сульфатных и карбонатных пород пермского и каменноугольного возраста. Об активном развитии современных карстовых процессов свидетельствуют многочисленные образования свежих провалов. Выделены типы покрытого гипсового, покрытого карбонатного, задернованного карбонатного, а также покрытого карбонатно-сульфатного карста.

А. У. Мамин (1961) описал некоторые карстовые участки в бассейне рек Шиженды, Тезы и Луха (Ивановская область). Отметив широкое распространение молодых провалов, он подчеркнул интенсивное развитие на этой территории современного карста, а также проанализировал влияние геологических, гидрогеологических и геоморфологических условий на развитие карста.

А. Н. Ильин (1962, 1964) выделил девять районов в пределах Алатырско-Горьковских поднятий. Особенно интенсивное развитие карста отмечено на междуречье Теши и Сережи, а также в бассейне р. Пьяны, где встречаются крупные провалы и пещеры, приуроченные к сульфатным и карбонатным породам пермского возраста. Наибольшее внимание уделено характеристике карста в районе г. Дзержинска. Рассмотрена роль морфоструктурных и гидрогеологических условий в карстообразовании.

М. С. Кавеев (1963) детально проанализировал геологические условия развития и особенности распространения карста Среднего Поволжья.

А. Г. Мусин (1966) обобщил материалы об особенностях развития и распространения карста Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Он рассмотрел природные факторы карстообразования и дал схему районирования карста, выделив в Бугульминско-Белебеевской карстовой области два карстовых района, шесть карстовых подрайонов и несколько карстовых участков.

Исследуется карст Среднерусской возвышенности.

В. Г. Елисеев (1957) описал карстовые образования на правобережье Дона в пределах Липецкой области, подробно охарактеризовав карстовые воронки, блюдца и слепые балки близ Яблоново, на Галичье горе и у д. Ястребовка. Им рассмотрен также вопрос об эволюции карстовых форм.

Ф. Н. Мильков (1957, 1963, 1965) подчеркнул важную роль в развитии мелового карста литологических, тектонических, морфологических, климатических и других факторов. Он описал меловой карст многих районов Среднерусской возвышенности, отметив некоторые особенности его распространения.

К. В. Пашканг (1958) проанализировал влияние геолого-гидрологических и биоклиматических факторов на развитие карста и отметил основные закономерности распространения карстовых форм в бассейне р. Зуши (Среднерусская возвышенность), подчеркнув приуроченность их к древней гидрографической сети. Большое внимание он уделил вопросу о генезисе карстовых образований.

Значительные карстоведческие исследования в этот период развернулись также в Донбассе и на юго-западной окраине Русской равнины. Они позволили собрать новые интересные материалы о развитии и распространении карста этих территорий, причем в Подолии в это время были открыты и изучены крупнейшие в мире карстовые пещеры в гипсах.

В работе М. С. Кожуриной и М. И. Гаврилюка (1960) приводятся интересные сведения о карсте Покутского Приднестровья, показывается, что карстовые формы наиболее широко развиты в окрестностях Чортовец, Олиево-Короливки, Олиево-Корнев и Тышковцы, где наряду с воронками и блюдцами отмечаются крупные котловины (до 2 км длины) и пещеры. Плотность воронок близ Олиево-Короливки достигает 12—15 форм на 1 км<sup>2</sup>. Современный период, по мнению авторов, отличается «омоложением» карстовых форм, что связано с усилением карстовых процессов.

И. М. Гуневский (1966) подчеркнул, что средняя часть бассейна Днестра и Прута изобилует карстовыми формами, которые генетически связаны с полосой гипсов и известняков верхнего тортона. Наиболее крупные пещеры в гипсах сформировались главным образом в позднеплиоценовое — раннечетвертичное время, после образова-

ния уступов днепровских террас верхнего (V—VII) комплекса. Учитывая особенности развития карстовых пещер Подолии, И. М. Гуневский выделяет несколько этапов карстообразования, которые отличаются интенсивностью и характером карстовых процессов.

Б. Н. Иванов и В. Н. Дублянский (1966) рассмотрели условия развития карста и его влияние на поверхностный и подземный сток в пределах юго-западной окраины Русской платформы. Сравнительно высокие модули подземного стока, по их мнению, свидетельствуют о весьма интенсивном для платформенных условий развитии поверхностного и подземного карста Подолии.

Проводятся многочисленные инженерно-геологические исследования карста и делаются интересные обобщения по этим проблемам. Они нашли отражение, в частности, в работах Н. В. Родионова (1958), И. В. Попова и И. А. Саваренского (1966). Н. В. Родионов подчеркнул необходимость изучения в районах строительства общих закономерностей распространения карста, современного его состояния и особенностей дальнейшего развития. Это, по его мнению, позволит провести инженерно-геологическое районирование и выделить территории, различающиеся по геоморфологическим условиям с учетом степени их закарстованности и по геологическим условиям с учетом возраста и литологии карстующихся пород. И. В. Попов и И. А. Саваренский рассмотрели формации и субформации карстующихся пород, слагающих осадочный чехол Русской равнины, а также гидрологические условия, определяющие особенности циркуляции и химического состава природных вод, степень их агрессивности по отношению к растворимым породам. Они показали, что влияние карста на инженерные сооружения зависит от литологии карстующейся толщи, а также от литологии и мощности образований, перекрывающих карстующиеся породы. Характеристика карста европейской части СССР, привязанная к схеме инженерно-геологического районирования территории, содержится также в региональной сводке И. В. Попова (1965).

Пермским университетом в 1964 г. было созвано совещание по методике изучения карста, имевшее характер всесоюзной конференции. Его материалы опубликованы в девяти сборниках. Совещание всесторонне рассмотрело методические вопросы изучения карста.

В мае 1966 г. в Москве географической секцией Московского общества испытателей природы совместно с Междуведомственной карстовой комиссией было проведено научное совещание по изучению карста Русской равнины. На нем было заслушано 20 докладов по различным вопросам общего, регионального и специального карстоведения. Совещание подвело итоги по изучению карста Русской равнины и определило основные направления дальнейших исследований этой обширной территории. Материалы совещания опубликованы в специальном сборнике («Вопросы изучения карста Русской равнины»).

**Седьмой этап (с 1967 г.).** Последнее десятилетие отличается особенно широким развитием карстоведческих исследований, нацеленных на решение различных научных и прикладных задач, выдвигаемых социалистическим хозяйством. Большое внимание уделяется вопросам теории карстоведения и разработке новых методов исследования. Эти проблемы нашли отражение в крупных обобщающих работах.

Специально рассмотрению проблем карста Русской равнины посвящен труд Н. А. Гвоздецкого, Н. Н. Лаптевой, А. В. Ступишина, Н. П. Торсуева, в котором анализируются вопросы палеогеографии карста, влияния новейшей тектоники на развитие карста, гидрологические проблемы закарстованных территорий, проблемы типологии, классификации, районирования и картографирования карстовых явлений.

Детальные карстоведческие работы проводятся в Прибалтике, на севере Русской равнины, Среднерусской возвышенности, Среднем Поволжье и в Предуралье. Многие из них имеют ландшафтно-географическую направленность. Интерес представляет исследование В. А. Чермных и Н. П. Юшкина (1967), в котором описан карст поднятия Чернова, расположенного на крайнем северо-востоке Русской равнины. Здесь в условиях полярного климата отмечается довольно интенсивное развитие карста, представленного каррами, воронками, понорами, рвами и пещерами. С 1966 по 1974 г. ленинградскими исследователями на Двинско-Мезенском междуречье было проведено около 20 спелеологических экспедиций. За это время ими было открыто и описано 130 карстовых пещер.

Р. В. Красненков (1968, 1970) провел детальные исследования древнего погребенного мелового карста юго-

восточной части Среднерусской возвышенности. Он приводит данные о широком распространении и больших размерах погребенных карстовых форм, которые имеют послепалеогеновый, преимущественно плиоценовый возраст. Формирование древних карстовых воронок и котловин проходило под покровом палеогеновых отложений, опускавшихся без существенного перекоса и дробления или обрушившихся в образующиеся воронки. Заполнение карстовых воронок палеогеновыми породами проходило по мере их роста. Р. В. Красненков устанавливает связь древнего мелового карста с этапами развития рельефа и отмечает влияние тектонических и литологических факторов на развитие древнего карста. По морфологии и возрасту погребенных карстовых образований он на изученной территории выделяет три района (Северный, Хоперский и Южный) и дает их краткое описание.

Н. А. Гвоздецкий и А. И. Спиридонов (1971) привели интересные, преимущественно оригинальные, данные о карсте правобережья Оки к северо-востоку от Мурома, а также междууречья Теши и Сережи близ Мухтолово. В окрестностях селений Болотниково, Базарово, Александрово, Чудь, Монаково, Дедово, Коробково, Мухтолово и Венец исследователи выявили многочисленные карстовые воронки, котловины и блюдца, образовавшиеся в результате выщелачивания сульфатных и карбонатных пород пермского возраста. Отдельные воронки достигают 150 м в диаметре и 30 м глубины, а котловины — 1300 м длины и 30 м глубины. Среди карстовых озер выделяются Святое (2000 на 1000 м), Большое (1500 на 800 м) и Чарское (800 на 500 м), образовавшиеся на месте слияния крупных воронок.

В. Б. Михно (1971, 1972) детально проанализировал особенности распространения мелового карста и ландшафтно-типологические условия строительства водоемов на юге Черноземного центра. Впервые для этой территории он составил карту распространения карстовых форм рельефа и районировал территорию по физико-географическим условиям сооружения искусственных водоемов.

Г. Н. Панарина (1973) впервые составила спелеогенетическую сводку Пермской области. Она рассмотрела историю исследования, факторы образования, эволюцию, классификацию, районирование и прикладное значение пещер Пермской области. Большинство пещер (из 233)

имеет длину менее 100 м, среднюю ширину и высоту до 5 м и объем менее 10 000 м<sup>3</sup>. Г. Н. Панарина подчеркнула необходимость проведения детальных режимных наблюдений за морфологией, микроклиматом и химизмом подземных вод карстовых пещер.

Р. В. Ященко (1974) исследовала карстовые озера Пермской области, рассмотрев вопросы генезиса и эволюции котловин, гидрологических особенностей и гидрохимического режима этих водоемов. Она отметила, что распределение карстовых озер тесно связано с геологической историей территории и обусловлено ее тектоническим строением; химический состав озерных вод определяется генезисом котловин и гидрологическими условиями региона.

Значительные успехи достигнуты в изучении карстовых пещер Русской равнины, особенно в Подолии, Двинско-Мезенском междуречье и на Уфимском плато.

Обзор работ по карсту Русской равнины показывает, что уже первые исследователи отметили широкое распространение карста на рассматриваемой территории и выявили основные закономерности его развития. Для советского периода характерен разносторонний подход к проблеме изучения карста, в исследовании которого выделяются следующие главные направления: географо-геоморфологическое, геолого-геоморфологическое, инженерно-геологическое, геолого-минералогическое, палеогеографическое, спелеологическое и ландшафтно-географическое. Многие из этих научных направлений были заложены и начали развиваться еще в дореволюционный период. Интенсивно внедряются новые методы исследования. Особенностью работ последнего времени является значительное расширение комплексных ландшафтно-географических исследований по оценке влияния природных компонентов и комплексов на карст и обратного влияния карста на ландшафт. Между тем вопросы классификации и районирования карста, количественной оценки интенсивности карстовых процессов в различных физико-географических условиях, системного и ландшафтно-индикационного исследования карста, а также изучения карстовых ландшафтов и их структуры пока не нашли должного разрешения и в значительной мере остаются дискуссионными.

## **КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ И ИХ ГЕНЕЗИС**

Карстовые формы по морфолого-генетическому признаку могут быть подразделены на поверхностные, подземные и погребенные.

### **ПОВЕРХНОСТНЫЕ КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ**

К поверхностным карстовым формам, развитым на территории Русской равнины, относятся карры, поноры, воронки, котловины, полья, карстовые рвы и желоба (богазы), суходолы и ниши.

По происхождению поверхностные карстовые формы подразделяются в основном на коррозионные, коррозионно-гравитационные, коррозионно-суффозионные и коррозионно-суффозионно-эрзационные. Это деление, однако, в значительной мере условно, поскольку в образовании карстовых форм обычно весьма трудно выявить доминирующую роль какого-либо процесса. Нередко они имеют сложное смешанное происхождение, поэтому вполне правомерно морфологически сходные карстовые формы разного генезиса рассматривать вместе.

**Карры** на Русской равнине встречаются редко. Между тем на участках выхода карстующихся пород отмечены все основные типы карров. На пологих поверхностях развиваются преимущественно бороздчатые и трещинные карры, а на круtyх — желобковые. Лунковые карры располагаются одиночно или группами. Карры образуются в результате растворения породы (часто вдоль трещин) и выноса растворенного вещества стекающими по поверхности струйками воды. На крутых склонах важную роль играет также эрозия. Зимой в карровых углублениях задерживается снег. Талые снеговые воды способствуют дальнейшему развитию карров. Особенно интенсивно они

развиваются на поверхности химически чистых пород, образуя сложные лабиринты борозд и желобков, разделенных не менее причудливыми гребнями. Иногда гребни расчленены поперечными углублениями на острые зубья и шипы. Встречаются меандрирующие карры.

На Русской равнине карбонатные и сульфатные породы обнажаются на сравнительно небольших участках, преимущественно по берегам рек и оврагов, поэтому карры имеют здесь относительно небольшие размеры по сравнению с каррами горных субтропических областей, где иногда, как пишет Н. А. Гвоздецкий, «борозды приобретают характер прямолинейных ущельиц от 5 до 15 м глубиной и до 3—4, а то и до 25 м шириной при длине в несколько сотен метров». Карры на Русской равнине относятся главным образом к микроформам. Они обычно представляют собой неглубокие резко очерченные бороздки, разделенные гребнями шириной 1—2 см и высотой 0,5—1 см.

**Поноры** — небольшие в виде колодцев или воронок отверстия — широко распространены, особенно на дне и склонах карстовых воронок, котловин и суходолов. Нередко они заилены рыхлым материалом. Диаметр поноров не превышает 1 м, а глубина 2—3 м. Поноры образуются в результате растворения и размыва трещиноватых карстующихся пород природными водами и представляют собой в основном небольшие вертикальные, округлые каналы или расширенные растворением трещины. По мере развития поноры превращаются в карстовые воронки.

**Воронки** чаще всего встречаются на Русской равнине. Размеры их и форма самые разнообразные. Наиболее крупные достигают 200 м длины и 30 м глубины. Существует несколько морфологических и генетических классификаций карстовых воронок. По происхождению они могут быть отнесены к следующим основным генетическим типам: а) поверхностного выщелачивания (коррозионные или коррозионно-эрзационные), б) провальные (коррозионно-гравитационные), в) просасывания (коррозионно-суффозионные или коррозионно-суффозионно-эрзационные), г) сложные (коррозионно-суффозионно-гравитационные) и д) напорные, образованные восходящими источниками.

*Воронки поверхностного выщелачивания* встречаются лишь на выходах карстующихся отложений и образуются

за счет выноса преимущественно в растворенном состоянии через подземные каналы выщелоченной на поверхности породы. Диаметр воронок поверхностного выщелачивания не превышает 10—15 м, а глубина 2—5 м.

*Провальные воронки*, образующиеся преимущественно путем обвала свода подземной карстовой полости, распространены весьма широко. В некоторых районах Русской равнины провалы особенно часты. Так, по ориентировочным подсчетам в окрестностях г. Кунгура (Уфимское плато) в среднем ежегодно один провал происходит на площади 10 км<sup>2</sup>, а близ г. Дзержинска (Среднее Поволжье) — на площади 50 км<sup>2</sup>. Размеры и морфологические особенности провалов в значительной мере зависят от литологии карстующихся пород, состава перекрывающих их рыхлых отложений, а также от глубины залегания подземных вод. Наиболее крупные формы возникают в условиях гипсового карста, особенно на участках глубокого залегания подземных вод. Карстовые провалы нередко достигают 20—30 м в диаметре и 10—20 м глубины. К самым крупным относится провал, который произошел в 1920 г. у д. Алифаново (низовье р. Сухоны). На месте его образовалась воронка диаметром 140 м и глубиной 50 м.

Большими размерами отличается также Пивоваровский провал, расположенный в центральной части Русской равнины (правобережье нижнего течения р. Клязьмы). Он образовался в результате обрушения кровли над огромной подземной полостью, приуроченной к толще гипса, залегающего на значительной глубине от поверхности. Глубина провала 40 м (рис. 1). К очень глубоким провалам относятся Акташский (Бугульминско-Белебеевская возвышенность), достигавший в 1939 г. 52 м глубины, и Бреховской (Сылвинский Кряж), имевший в 1953 г. глубину 45 м.

Карстовые провалы, образованные в рыхлых отложениях, первоначально очень глубоки (до 50 м и более), с резкими очертаниями и отвесными склонами. Скоро (уже через 15—20 лет), однако, они превращаются в не-глубокие (5—7 м) пологосклоновые воронки, диаметр которых в несколько раз превышает диаметр провала. На это обратил внимание еще А. А. Крубер (1901), исследовавший карстовые провалы к югу от г. Тулы. Лишь на участках, где карстующиеся породы перекрыты толщей

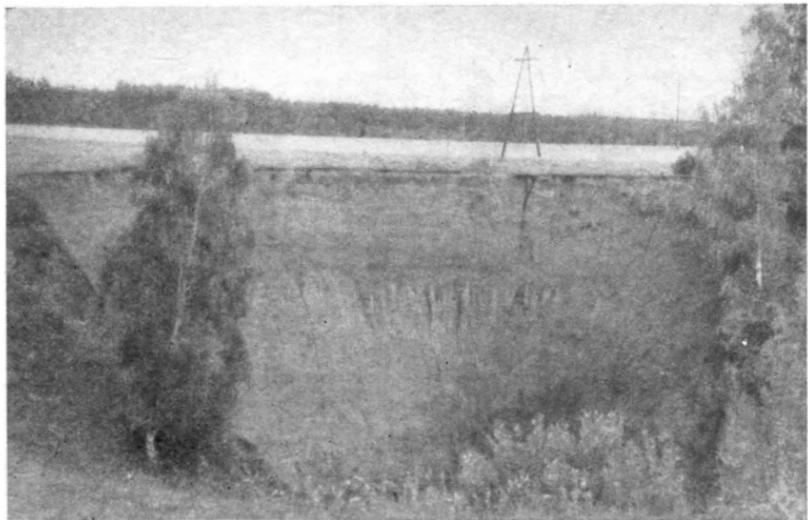


Рис. 1. Пивоваровский карстовый провал, расположенный в низовьях р. Клязьмы, глубиной 40 м

песчаников, размеры и форма провала мало изменяются в течение длительного времени.

*Воронки просасывания* наиболее распространены на Русской равнине. Они образуются путем вмывания рыхлых покровных отложений в трещины и полости карстующихся массивов. Воронки просасывания, возникающие в толще покровных образований, отличаются обычно правильной конической формой; лишь на участках, где вмыв рыхлого материала происходит в нескольких местах, они приобретают сложную форму. Размеры воронок просасывания самые разнообразные, в отдельных случаях их диаметр составляет 200 м, а глубина 30 м.

*Сложные воронки* образуются как за счет провальных процессов, так и процессов просасывания. Эти воронки встречаются довольно часто и имеют самые различные размеры.

*Напорные карстовые воронки*, формирующиеся в результате выщелачивания карбонатных и сульфатных пород водами восходящих источников, встречаются во многих районах Русской равнины (рис. 2). Наиболее известны среди них котловины озер Табашинского, Голубого и



Рис. 2. Напорная карстовая воронка, образованная восходящими Танцками источниками (Ижорская возвышенность)

Красного Ключа. Из озера Табашинского (Среднее Поволжье) длиной 800 м, шириной 400 м и глубиной 53 м вытекает речка Пижанка, что указывает на питание его подводными восходящими источниками. На дне Голубого озера, расположенного в Татарии, находятся две карстовые воронки, которые называются Большой и Малой Пучиной. Из Большой Пучины диаметром 50 м и глубиной 15 м начинается восходящий карстовый источник с дебитом 250 л/сек. Особый интерес представляет гигантский источник Красный Ключ (Уфимское плато), вытекающий из двух воронок. Диаметр основной воронки 70 м и глубина 38 м.

**Котловины** (или у'вала) образуются за счет роста отдельных воронок или слияния нескольких карстовых воронок различного происхождения. Они нередко имеют сложное строение и большие размеры (более 200 м в диаметре и до 100 м глубины). Форма котловин обычно вытянутая, склоны иногда крутые. Примером крупной карстовой котловины может служить котловина, расположенная у д. Мутной (восточная окраина Русской равнины). Она представляет собой чашеобразное расширение



Рис. 3. Суходол р. Рагуши (Валдайская возвышенность)

долины р. Мутной (правый приток р. Чусовой) поперечником около 1 км и глубиной 100 м. Слоны котловины крутые.

**Полья**<sup>1</sup> — это огромные (длиной более 2000 м и глубиной 50—100 м) замкнутые котловины, характеризующиеся своеобразными гидрографическими особенностями. В классических карстовых регионах их отмечают ровное дно и крутые склоны. Полья имеют сложное тектонико-коррозионно-эрзационное происхождение. В условиях платформенных равнин они образуются путем слияния группы карстовых воронок и котловин. Примером такого поля на Русской равнине служит Ворсминская карстовая депрессия, расположенная на правобережье р. Кишмы (правый приток Оки). Площадь ее около 30 км<sup>2</sup>, глубина до 50 м. Поверхность этой огромной котловины изрыта неправильно чередующимися округлыми понижениями, молодыми карстовыми провалами и долинами небольших исчезающих рек. По своим размерам и

---

<sup>1</sup> Термин «полье» произошел от названия громадных карстовых котловин в Югославии, плоское аккумулятивное дно которых занято полями и пастищами.

гидрологическим особенностям приближаются к полью также Низковская, Дикоозерская и Мазуевская карстово-эрзационные котловины, расположенные на Уфимском плато. Наиболее крупная из них Дикоозерская достигает 4 км длины, 1,8 км ширины и 90 м глубины. На дне этих котловин находятся многочисленные озера и восходящие карстовые источники.

**Карстовые рвы и желоба (богазы),** представляющие собой вытянутые впадины, длина которых в несколько раз превосходит их ширину, по происхождению делятся на две разновидности: а) рвы, приуроченные к трещинам разгрузки (отседания, скола, бортового отпора), и б) рвы, образованные в результате обрушения и оседания глыб карстующихся пород над подземными полостями в зонах интенсивного стока подземных вод.

Карстовые рвы, связанные с трещинами разгрузки, широко распространены на крутых склонах речных долин во многих районах Русской равнины. Они представляют собой прямолинейные или извилистые углубления длиной до 50—200 м, шириной 1—20 м и глубиной 5—10 м. Стенки рвов нередко сложены коренными породами, а дно занято делювием. Другая разновидность рвов и желобов обязана обрушению или оседанию карстующихся пород и покровных отложений над подземными полостями в зонах интенсивного стока подземных вод. Они встречаются у основания склонов цокольных террас, на дне суходолов, реже на водоразделах, где оконтуривают иногда островные возвышенности. Такие рвы достигают 1000—2500 м длины, 10—200 м ширины и 10—15 м глубины. Образуясь в результате слияния цепей карстовых впадин, они по мере развития превращаются в карстово-эрзационные формы. Среди наиболее крупных рвов такого происхождения выделяется ров на правом склоне лога Багилева, расположенного на водоразделе рек Сылвы и Бабки (Уфимское плато) у д. Кайгородово. Протяженность его более 2 км, а ширина дна, осложненного карстовыми воронками, 50—100 м. К таким же рвам относится ров на юго-западном окончании Себеусадской структуры (Среднее Поволжье), протянувшийся с северо-востока на юго-запад на 5 км. Ширина его изменяется от 30 до 160 м, а глубина достигает 45 м. Ров образовался в результате слияния 23 воронок, 16 из которых в настоящее время заполнены водой. Самый крупный карстовый ров на Рус-



Рис. 4. Карстовый останец на плато Костивере (Северная Прибалтика)

ской равнине отмечен в южной части Вятского увала на склоне Сотнурской возвышенности на левобережье р. Иletь. Длина его около 16 км, ширина 200—500 м, а наибольшая глубина 85 м. На дне и склонах рва широко распространены воронки и озера. Наиболее глубокое карстовое озеро Морской Глаз имеет диаметр 50 м и глубину 35 м.

**Суходол**, или сухая долина,— это типичная карстовая форма. Суходолы возникают там, где карстовые образования переводят поверхностный сток в подземный (рис. 3). Длина карстовых суходолов обычно не превышает 2—3 км. Самый крупный суходол на Русской равнине — на р. Яманъелге (Уфимское плато). Длина его около 60 км.

**Ниши** — переходные формы от поверхностных к подземным. На возвышенных участках они образуются путем более интенсивного выщелачивания отдельных слоев карстующихся пород стекающими по обрыву водами, а в речных долинах и на морских побережьях — под воздействием речных и морских вод.

**Карстовые останцы**, характерные для тропических областей, на территории Русской равнины не встречаются. Между тем некоторые образования с известной долей условности могут быть отнесены к таким формам. Интересны, например, небольшие известняковые останцы на плато Костивере (Северная Прибалтика). Высота их обычно не превышает 3 м. Некоторые останцы имеют форму гриба, что связано с различной степенью выщелачивания отдельных пластов известняка (рис. 4).

А. А. Дубянский (1937) к карстовым останцам относит причудливые меловые столбы, поднимающиеся на правобережье Дона близ устья Тихой Сосны. Они достигают иногда высоты 10—12 м. Свообразные гипсовые останцы отмечены также в низовьях р. Аургазы (Западная Башкирия). Самый крупный из них имеет длину 230 м, ширину 140 м и высоту 15 м.

## ПОДЗЕМНЫЕ КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ

К подземным карстовым формам относятся пещеры, полости, закарстованные трещины и каверны. Наибольший интерес среди них представляют пещеры, характеризующиеся иногда сложным строением и значительными размерами. Наклонные и вертикальные пещеры в зависимости от глубины и особенностей строения подразделяются на колодцы (вертикальные полости глубиной до 20 м), естественные шахты (вертикальные полости и система вертикальных полостей глубиной от 20 до 200 м) и пропасти (система полостей глубиной более 200 м).

На Русской равнине пещеры имеют широкое распространение и нередко достигают значительных размеров. К наиболее крупным пещерам относятся: Оптилистическая (длина 110 840 м), Озерная (длина 102 570 м), Крывченская (длина 18 785 м), Млынки (длина 14 120 м), Вертеба (длина 7820 м), Конституционная (длина 5700 м),

Кунгурская ледяная (длина 5600 м) и Ленинградская (длина 3400 м). Оптимистическая пещера по общей длине подземных галерей находится на первом месте в СССР и на третьем в мире после пещер Flint-Mamontova (США) длиной 290 000 м и Хёллох (Швейцария) длиной 123 800 м.

Колодцы и шахты представляют собой вертикальные или наклонные полости, имеющие обычно узкое входное отверстие и значительную глубину. Шахты отмечаются главным образом в горных странах, где они достигают иногда большой глубины. Самой глубокой (950 м) карстовой шахтой-пропастью в СССР является Киевская на Кырктау (Средняя Азия). Она относится к наиболее глубоким пропастям в мире, хотя примерно на 380 м меньше глубочайшей пропасти Пьер-Сен-Мартен (1332 м), расположенной во Франции. В равнинных областях такие гигантские шахты-пропасти не встречаются. К наиболее глубоким карстовым шахтам Русской равнины относится Саранская (Уфимское плато), имеющая глубину 49 м.

Основную роль в формировании многих карстовых полостей играют инфильтрационные и инфлюационные дождевые и талые суглинистые воды, проникающие по трещинам различного происхождения в толщу карбонатных и сульфатных пород. Определенную роль играют также напорные и конденсационные воды. В отличие от подземных ручьев и озер конденсационные воды воздействуют на всю поверхность полости, в связи с чем оказывают наибольшее влияние на морфологию пещер.

Своеобразие карстовых пещер определяется сложным комплексом природных факторов и прежде всего морфоструктурными и гидрогеологическими особенностями территории.

Теория происхождения известняковых карстовых пещер была разработана У. М. Дэвисом (1930). В их эволюции он различал пять основных этапов: а) зачаточные каналы, формирующиеся в зоне полного насыщения медленно движущихся фреатических вод, находящихся под давлением; б) зрелые галереи, когда в условиях распространения безнапорных водозных<sup>1</sup> потоков начинает доми-

---

<sup>1</sup> Вадозной зоне соответствуют зоны аэрации и сезонного колебания уровня подземных вод, а фреатической — зоны полного насыщения и глубинной циркуляции (Соколов, 1962).

нировать механический размыв (корразия); в) сухие галереи, возникшие в результате ухода воды в глубь массива, вследствие регионального поднятия территории; г) натечно-аккумулятивная, характеризующаяся заполнением галерей натечно-капельными и другими пещерными отложениями; д) разрушения подземных галерей (пенепленизация).

На основе развития взглядов У. М. Дейвиса было создано представление о фреатической (пещерные галереи разрабатываются подземными водами, находящимися под давлением) и вадозной (подземные воды свободно, не под напором движутся по галереям в сторону дренирующих систем) стадиях развития пещер.

Наиболее полно вопросы эволюции подземных полостей разработаны советскими исследователями Г. А. Максимовичем и Л. И. Маруашвили, которые выделили несколько стадий формирования горизонтальных карстовых пещер.

Первая стадия — трещинная, затем щелевая. По мере увеличения ширины трещин и щелей в них проникает все большее количество воды. Это активизирует карстовые процессы, особенно на участках чистых разностей пород. Пещера переходит в канальную стадию. При расширении каналов подземные потоки приобретают турбулентное движение, что еще более усиливает процессы коррозии и эрозии. Это — стадия подземной реки, или воклюзовая. Она характеризуется значительным заполнением подземного канала водным потоком и выходом его в виде воклюзного источника на дневную поверхность, а также образованием органных труб, обвалом сводов, ростом гротов.

В связи с размывом дна подземного канала, вода просачивается по трещинам в глубь карбонатных и галогенных толщ, где на более низком уровне разрабатывает новые полости, формируя нижний этаж пещеры. Постепенно подземные каналы расширяются, а водный поток частично, а затем полностью уходит в нижние горизонты массива, и пещера становится сухой. В нее проникают по трещинам в кровле лишь инфильтрационные воды. Это (по Г. А. Максимовичу) коридорно-гротовая натечно-осыпная (водно-галерейная, по Л. И. Маруашвили) стадия развития пещеры. Она отличается широким распространением химической и механической аккумуляции

(в гипсовых пещерах стадия натечной аккумуляции отсутствует). Потолок и стены пещеры покрываются разнообразными кальцитовыми натеками. Образуются каменные и земляные осыпи, последние располагаются преимущественно под органными трубами. Накапливаются также отложения рек и озер. С уходом водотока дальнейшее увеличение подземной полости резко замедляется, хотя коррозионная деятельность продолжается за счет инфильтрационных и конденсационных вод.

По мере развития пещеры она переходит (по Г. А. Максимовичу) в коридорно-гротовую обвально-цементационную (сухо-галерейную, по Л. И. Маруашвили) стадию. На этой стадии в результате обрушения кровли над подземными полостями возможно вскрытие некоторых частей пещеры. Постепенно обрушение свода пещеры приводит к полному ее уничтожению, что особенно характерно для верхних частей, отличающихся небольшой мощностью кровли. На уцелевших участках остаются лишь карстовые мосты и узкие арки. При полном разрушении пещеры, заложенной недалеко от земной поверхности, образуется карстовая долина. По мнению Л. И. Маруашвили, «выделение обвальной стадии и ее отнесение к заключительной стадии нарушают действительный ход событий. Превращение неглубоко заложенной пещеры в результате обрушивания кровли в каньон, как правило, осуществляется в водо-галерейную стадию, что доказывается наличием рек в большинстве каньонов, образовавшихся таким путем».

Еще толща кровли превышает 100—200 м, то провалы в ней, как правило, не образуются, а подземные полости заполняются обрушившимися с потолка глыбами породы и принесенными песчано-глинистыми отложениями, которые разбивают пещеру на отдельные изолированные полости. В этом случае развитие пещеры заканчивается коридорно-гротовой обвально-цементационной стадией.

Продолжительность отдельных стадий пещерообразовательного цикла, отличающихся своими гидродинамическими и морфологическими особенностями, спецификой физико-химических процессов и своеобразием биоклиматических условий, измеряется десятками и сотнями тысячелетий. Так, сухо-галерейная стадия пещеры Кударо (Кавказ) продолжается уже 200—300 тыс. лет. Что касается ранних стадий развития пещер (трещинная, щеле-

вая, каналовая и воклюзовая), то их продолжительность значительно короче. По мнению Л. И. Маруашвили, пещеры «могут достигать зрелого водно-галерейного состояния за несколько тысячелетий от начального момента своего развития».

Таким образом, карстовые пещеры характеризуются сложной эволюцией, особенности которой зависят от сочетания самых различных факторов, определяющих нередко значительные отклонения от рассмотренной схемы. Развитие пещер в силу тех или иных причин может прекратиться или вновь начаться на любой морфолого-гидрологической стадии. Сложные пещерные системы состоят обычно из участков, находящихся на разных стадиях развития.

Особенностью многих пещер является их многоярусность, причем верхние ярусы по возрасту всегда значительно старше нижележащих. В равнинных условиях количество этажей карстовых пещер не превышает 2—4, тогда как в горных областях оно увеличивается до 8—11. Расстояние между двумя смежными уровнями многоэтажных пещер колеблется от нескольких метров до нескольких десятков. Обрушение сводов, разделяющих пещерные этажи, приводит к образованию гигантских гrottов, иногда достигающих высоты 50—60 м.

Появление нового этажа Г. А. Максимович связывает с тектоническим поднятием района, где находится пещера. Н. А. Гвоздецкий основную роль в развитии многоэтажных пещер в условиях большой мощности карстующихся пород отводит восходящим движениям, которые рассматривает не как нарушающий фактор, а как общий фон эволюции карста. По мнению Л. И. Маруашвили, многоярусность пещер может быть определена не только тектоническим поднятием карстового массива, но и общим понижением уровня океана (эвстазия), что вызывает интенсивное углубление речных долин и быстрое снижение уровня горизонтальной циркуляции карстовых вод.

Ярусность лучше всего выражена у пещер равнинных и предгорных территорий, отличающихся сравнительно медленными тектоническими поднятиями. В процессе формирования пещер иногда наблюдается смещение оси пещерных галерей от первоначальной вертикальной плоскости. Интересна в этом отношении пещера Цуцхватская (Кавказ), образованная подземной рекой Шапатагеле.

Пещера насчитывает 11 этажей, расположенных в высотном интервале 74 м. Каждый более молодой ярус (из девяти нижних) по отношению к предыдущему сдвинут к востоку, что связано с наклоном тектонических трещин, к которым приурочены подземные полости. Формирование второго яруса (Главная галерея) Л. И. Маруашвили относит к началу вюрма, четвертого (Бизонова пещера) — к риссу, шестого — восьмого — к минделю, а девятого, десятого и одиннадцатого — к концу верхнего плиоцена.

Карстовые пещеры могут существовать иногда многие миллионы лет. Разумеется, возраст пещер в значительной мере зависит от литологического состава пород, в которых они формируются, и общей физико-географической обстановки. Однако даже в легкорастворимых сульфатных (гипс, ангидрит) образованиях пещеры сохраняются весьма длительное время. Интересны в этом отношении гипсовые пещеры Подолии, начало формирования которых относится к верхнему миоцену. И. М. Гуневский, исходя из особенностей геологического строения территории, степени трещиноватости пород, характера рельефа, морфологии подземных полостей и строения натечных образований, выделяет следующие этапы формирования подольских пещер: верхнесарматский (начало интенсивной глубинной эрозии), раннеплиоценовый (характеризующийся интенсификацией процессов вертикального направления), позднеплиоценовый (процессы горизонтальной циркуляции подземных вод преобладают над вертикальными), раннеплейстоценовый (процессы образования пещер достигают максимальной интенсивности), среднеплейстоценовый (процессы подземного карстообразования начинают затухать), позднеплейстоценовый (аккумуляция минеральных и хемогенных образований), голоценовый (аккумуляция глыбовых отложений). Таким образом, возраст самых крупных в мире гипсовых пещер Оптимистической, Озерной и Крывченской (в Подолии) превышает, по-видимому, 2—10 млн. лет.

Возраст известняковых пещер может быть еще старше. Древние пещеры встречаются, однако, сравнительно редко, сохраняясь лишь в наиболее благоприятных природных условиях. Большинство карстовых пещер, особенно в сильно обводненных сульфатных породах, имеют молодой, преимущественно четвертичный или даже голоценовый, возраст. Разумеется, отдельные галереи сложно

построенных многоярусных пещер образовались в разное время, и возраст их может изменяться в значительных пределах.

## ПОГРЕБЕННЫЕ КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ

К погребенным карстовым формам относятся древние образования, выполненные преимущественно рыхлыми песчано-глинистыми отложениями и совершенно невыраженные в современном рельефе. Они представлены в основном воронками, котловинами, останцами и полостями. Некоторые погребенные отрицательные формы имеют громадные размеры. Так, вскрытая речными долинами карстовая впадина у хутора Лобачи (Калачская возвышенность) достигает 11 км длины и 60 м глубины. Интересны погребенные карстовые останцы в карбонатных отложениях девона и карбона, выявленные буровыми скважинами во многих районах Русской равнины. Особое положение занимают карстовые полости, которые встречаются до глубины 1200—2200 м. В Равнинном Крыму в мело-мергельных породах верхнего мела карст прослеживается даже до глубины 2800 м. Обнаружены подземные карстовые полости до 10 м в поперечнике и более.

Погребенные карстовые образования являются преимущественно формами палеокарста, связанного с древними эпохами карстообразования и последующим опусканием территории. Однако наличие на больших глубинах циркуляционных вод в отложениях карбона и девона указывает на развитие в трещиноватых карбонатных породах современных глубинных процессов выщелачивания. Интересные выводы об особенностях палеогеографии древнего (палеозойского и нижнемезозойского) карста Среднего Поволжья сделаны А. В. Ступишиным (1967). Несколько спорным представляется лишь его предложение о названии неоген-четвертичного карста «неокарстом», хотя нельзя отрицать, что есть основания выделять карст, формирование которого проходило на фоне развития крупных элементов современного рельефа, и карст, развивавшийся в совершенно иной геоморфологической обстановке.

## РАЙОНИРОВАНИЕ КАРСТА

Большой и весьма важной проблемой комплексного карстоведения является районирование карста. Эта сложная проблема была поставлена и стала успешно решаться советскими исследователями, которые показали, что дифференциация территории на карстовые регионы<sup>1</sup> разного таксономического ранга позволяет выявить специфику карстово-природных комплексов и создает предпосылки для разработки научной основы планового преобразования народного хозяйства в районах развития легкорастворимых пород.

Получившие в последнее время значительное распространение карты районирования, суммирующие итоги исследований карста той или иной территории, отличаются нередко большой схематичностью. Это объясняется, с одной стороны, общей недостаточной изученностью карста, а с другой — слабой разработкой теории и методики районирования карста. До последнего времени остаются неполностью решенными вопросы установления критериев районирования и создания системы таксономических единиц.

В этой связи представляется интересным на примере Русской равнины, на огромном пространстве которой карст развивается в весьма различных геологических и физико-географических условиях, рассмотреть некоторые вопросы районирования карста равнинных областей.

Первую схему районирования карста Русской равнины предложил М. А. Зубащенко (1939), выделивший на территории Русской равнины восемь карстовых областей: Северную, или Онежско-Двинскую; Центральную, или Верхнего Поволжья; Среднерусской возвышенности; До-

---

<sup>1</sup> Под карстовыми регионами понимается индивидуальная региональная единица любого таксономического ранга.

нецкого бассейна, Среднего Поволжья; Прикаспийской низменности; Предуральскую; Юго-Западную, или Волыно-Подольскую. Это районирование дано с использованием лишь одной ступени таксономических единиц, а выделенные области совпадают с крупными географическими областями.

В работе «Опыт районирования карста Восточно-Европейской равнины», тоже посвященной районированию карста Русской равнины, М. А. Зубащенко (1947) использует уже трехступенную таксономическую систему, выделяя по геолого-морфологическим признакам карстовые зоны, области и районы. Карстовые зоны — северная и южная — отличаются наличием (северная) или отсутствием (южная) растворимых отложений над карстующимися породами. Карстовые области характеризуются «общим планом геологического строения и структуры, обусловивших развитие на всей... площади или на отдельных участках карстовых процессов в древние или современную эпохи». Карстовые районы выделяются по комплексу поверхностных и подземных карстовых форм и карстовой гидрографии, с учетом стадии развития, а также древних и современных геологических и физико-географических факторов карстообразования. Всего в пределах Русской равнины М. А. Зубащенко выделил 10 карстовых областей (Кизеловско-Чусовская область карста дислоцированных известняков к Русской равнине не относится) и 19 карстовых районов.

А. Ф. Якушова (1949) предложила одноступенную схему районирования карста Русской равнины, выделив в ее пределах на основе структурно-морфологического принципа девять карстовых районов. В методическом плане эта схема более элементарна, чем ранее опубликованная работа А. М. Зубащенко.

Н. А. Гвоздецкий (1954, 1962), подходя к вопросу районирования карста с общегеографических позиций, показал, что «основа для районирования карста должна быть геологической (литолого-тектонической) и уже на нее, как на основной фон, определяющей наличие растворимых, карстующихся пород, должны накладываться физико-географические условия зонального и провинциального порядка», обуславливающие «те или иные формы проявления карста, его характер, тип» (Вопросы географического районирования карста. М., 1962, с. 35).

Он применяет четырехступенную систему таксономических единиц районирования — карстовая страна, провинция, область и район.

Русскую равнину Н. А. Гвоздецкий рассматривает в качестве карстовой страны. Провинции им выделяются «по общности крупных структурных единиц» (например, провинция северо-западного крыла Московской синеклизы). Внутри провинции на основе общности тектонических структур, определяющих выход на поверхность растворимых пород, выделяются области и районы, при этом учитываются геоморфологические и другие природные условия.

Схему районирования карста Русской равнины представил Н. В. Родионов (1963), применив двухступенную систему таксономических единиц и отнеся почти всю Русскую равнину к одной области. Крупные территориальные единицы, которые ранее другими исследователями (М. А. Зубащенко, Н. А. Гвоздецкий, Г. А. Максимович) выделялись в качестве провинций или областей, он назвал на своей схеме районами, что внесло разнобой в понимание таксономической значимости этой региональной единицы. Другой недостаток схемы Н. В. Родионова — смешение регионального и типологического принципов в расчленении территории, которое выражалось, например, в выделении области — карст соляных куполов. В эту область включены участки соляного карста, разбросанные по Русской равнине, т. е., по существу, внутри области. Большим достоинством схемы Н. В. Родионова является достоверность контуров выделенных региональных единиц, поскольку схема основана на детальной карте распространения карста.

Н. А. Гвоздецкий и А. Г. Чикишев (1966) по комплексу природных факторов с учетом морфогенетических особенностей и характера карстовых форм впервые предложили наиболее дробную четырехступенную схему районирования карста Русской равнины, выделив в пределах этой карстовой страны 8 карстовых областей, 22 карстовые провинции и 57 карстовых округов. Карстовые районы и другие более мелкие единицы в этой работе, из-за ее краткости, не рассматриваются.

Наряду с общими схемами районирования карста всей территории Русской равнины были предприняты попытки районирования отдельных ее регионов. Опыты такого

районирования имеются в работах Б. Н. Иванова, Е. А. Лушникова, А. В. Ступишина, К. А. Горбуновой, И. К. Кудряшова, А. Н. Ильина, Н. П. Торсуева, М. А. Зубащенко, Н. Н. Лаптевой, Г. А. Максимовича и В. Б. Михно.

В рассмотренных работах по районированию карста Русской равнины наблюдается в общем совпадение взглядов относительно выделения крупных таксономических единиц (в ранге области), что касается более дробных региональных единиц, то вопросы их выделения в значительной мере остаются дискуссионными.

Карстоведческое районирование является одним из видов специального природного районирования. В задачу его входит выявление объективно существующих карстовых регионов различной величины и сложности, а также установление их естественных границ. Выделение карстовых регионов может проводиться или по комплексу признаков, или по ведущим признакам. Принцип комплексности, учитывающий генезис и возраст обособления территории, структуру географической среды и своеобразие современных природных процессов, наиболее полно отражает закономерности распространения и развития карста.

Русская равнина, соответствующая одноименной платформе и охватывающая обширную территорию на западе Советского Союза, рассматривается автором в качестве самостоятельной карстовой страны. В ее пределах по особенностям геологического строения территории, рельефу, климатическим условиям, интенсивности карстового процесса, а также по возрасту и морфологии карстовых образований выделяется 10 карстовых областей, 26 карстовых провинций, 59 карстовых округов и 187 карстовых районов (рис. 5). Выделенные территориальные единицы в таксономическом отношении строго подчинены единицам более высокого ранга.

## ПРИБАЛТИЙСКАЯ КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ

Прибалтийская карстовая область охватывает северо-западную часть Русской равнины. Она подразделяется на две карстовые провинции: Северо-Прибалтийскую и Южно-Прибалтийскую, отличающиеся в литолого-тектоническом, морфоструктурном и зональном отношениях.

Северо-Прибалтийская карстовая провинция, охватывающая Эстонскую ССР и Ленинградскую область, характеризуется сравнительно широким распространением карста, который развивается в ордовикских, силурийских и частично девонских карбонатных породах.

В структурном отношении Северная Прибалтика представляет собой южный склон Балтийского щита, имеющий уклон к югу около 3 м на 1 км. Залегающие на размытой поверхности докембрийских кристаллических образований палеозойские породы также отличаются слабым ( $15-20'$ ) моноклинальным падением к югу и юго-востоку.

Докембрий представлен гранитами, гранитогнейсами и кристаллическими сланцами, прорванными интрузиями основных и ультраосновных пород, кембрий — песчаниками и глинами с прослойями алевролитов. Особенно интересен горизонт синих глин, являющихся региональным водоупором. Ордовикские породы в северной части территории выражены карбонатными образованиями, среди которых выделяются прослои горючих сланцев (кукрузекский горизонт). Мощность карбонатных пород ордовика увеличивается к югу от 10 до 150 м. На юге рассматриваемой территории на поверхность выходят чистые и доломитизированные известняки силура. Девон имеет ограниченное распространение и отмечается лишь в долине р. Плюсы, где среднедевонские образования залегают на ордовикских известняках. Для девона характерны мергели, доломитизированные мергели и доломиты с прослойями песков и глин.

Палеозойские породы отличаются спокойным, почти горизонтальным залеганием. Лишь в некоторых местах в них прослеживаются пологие положительные структуры. Среди мелких тектонических форм широко представлены небольшие смещения слоев и флексурообразные перегибы, приуроченные к вертикальным тектоническим трещинам северо-восточного и северо-западного простирания, которые рассекают всю толщу карбонатных образований.

Встречаются также трещины широтного и меридионального простирания, однако выраженные сравнительно слабо.

Палеозойские породы повсеместно перекрыты сравнительно маломощным плащом четвертичных отложений (от 0,2 до 6 м) — моренными, озерно-ледниковые, тор-

фяно-болотными, элювиально-делювиальными и аллювиальными образованиями.

Рельеф — равнинный, пологоволнистый. Наиболее высокие участки отмечаются в пределах Северо-Эстонской и Ижорской возвышенностей (100—170 м), а наиболее пониженные — на западе (о. Сарема — до 20 м) и на востоке территории (Волховское плато). Равнинность территории местами нарушается холмисто-моренными и камовыми образованиями, связанными с четвертичными оледенениями и размывающей деятельностью ледниковых вод. Среди них выделяются Дудергофские высоты, расположенные на северо-востоке Ижорской возвышенности и достигающие 175 м. Они сложены смятыми в складки под действием ледника коренными породами, которые перекрыты маломощными моренными отложениями. К крупным ледниковым формам относится также гряда Иллука-Ийзаку, в Принарвской низине. Она имеет вид беспорядочно разбросанных разнообразных по форме холмов, понижения между которыми заняты озерами и болотами.

Карстовые формы наиболее широко распространены на возвышенных и придолинных участках.

Влажный и умеренно прохладный климат Северной Прибалтики способствует интенсивному развитию карстовых процессов. Годовое количество осадков увеличивается к востоку от 560 до 640 мм. Наблюдения на Ижорской возвышенности показали, что 39—59% от общего количества выпадающих осадков инфильтруется в толщу известняков, определяя их выщелачивание.

Зима — сравнительно мягкая, средняя температура  $-7, -8^{\circ}$ . Высота снежного покрова около 0,5 м, а продолжительность его залегания 120—140 дней. Лето — теплое, средняя температура июля около  $14^{\circ}$ . Летние осадки, почти в два раза превышающие количество осадков холодного времени года, в питании подземных вод почти не участвуют, а расходуются в значительной мере на испарение. Это указывает на ослабление карстовых процессов в летние месяцы. Напротив, осенью, когда в связи с уменьшением испарения большая часть выпадающих осадков инфильтруется, карстовые процессы активизируются.

В связи с широким развитием карста речная сеть разрежена. На Ижорской возвышенности она вообще отсутствует. Наиболее крупные реки Кейла, Кунда, Нарва,

Луга и Волхов приурочены к глубоким древним долинам. Среднегодовой сток Северной Прибалтики около 10 л/сек·км<sup>2</sup>. Для всех рек характерно весенне-половодье и осенний паводок. Озер мало. Поверхностные воды пресные, гидрокарбонатно-кальциевые.

Ордовикские и силурийские отложения имеют общий горизонт подземных вод, залегающий на глубине 10—15 м. В связи с различной закарстованностью территории амплитуда колебания уровня подземных вод за короткий период (2—14 дней) может достигать 8—16 м. В сильно закарстованных известняках наблюдается наиболее низкое стояние уровня. Воды ордовикских и силурийских карбонатных отложений гидрокарбонатные магниево-кальциевые. Минерализация воды невысокая — 0,3—0,9 г/л, жесткость 4—5,4 мг-экв. Поступающие в водоносный горизонт поверхностные воды отличаются значительной агрессивностью, что благоприятствует интенсивному развитию карстовых процессов особенно в весенне время. В речных долинах и окраинных частях возвышенностей происходит разгрузка подземных вод, которые вытекают многочисленными карстовыми источниками, объединяемыми иногда в группы.

Растительность представлена южнотаежными хвойно-широколиственными лесами, под которыми формируются слабо- и среднеподзолистые, дерново-подзолистые и дерново-карбонатные почвы. В восточной части наиболее характерной растительной ассоциацией является ельник-кисличник, относящийся к зеленомошной группе. На богатых, хорошо дренируемых почвах развиваются сложные ельники, второй ярус которых формирует липа. К понижениям приурочены сосняки-долгомошники с мховым покровом из кукушкина льна. Хвойно-широколиственные леса, распространенные на западе территории, состоят из ели, березы, дуба, ясения и клена. Леса в настоящее время сильно вырублены и большая часть территории занята пашнями и лугами. На карбонатных суглинках Ижорской возвышенности развиты оステненные разнотравно-злаковые луга. В некоторых местах встречаются верховые и низинные болота.

Карст в Северо-Прибалтийской провинции приурочен к известнякам и доломитам ордовикского, силурийского и девонского возраста. Карстовые формы отмечены вдоль вертикальных тектонических трещин, в толще карбонат-

ных пород, но особенно широко они распространены в верхней ее части до глубины 25 м.

Энергичнее всего карстовые процессы развиваются в химически чистых известняках, тогда как в более кремнистых и глинистых образованиях они несколько ослаблены. Степень закарстованности доломитов в значительной мере определяется их структурными особенностями. В крупнокристаллических доломитах встречается довольно много каверн (до 20%). Их диаметр иногда достигает 1—5 см. В мелкокристаллических доломитах каверны отмечаются редко, причем они обычно не превышают 1 мм.

Поверхностный карст представлен воронками, понорами, курису, котловинами, суходолами и нишами. Воронки преимущественно небольшие, редко до 20 м в диаметре и 4 м глубины. Средняя плотность их увеличивается к востоку от 0,1 до 2 на 1 км<sup>2</sup>. На дне многих воронок водопоглощающие поноры. Интересны карстовые воронки с плоским дном и отвесными склонами высотой до 3 м. Длина и ширина их изменяется от 15 до 30 м. Эти воронки образовались в результате разрушения крупных четырехугольных блоков, отделившихся от карбонатного массива в связи с выщелачиванием пород вдоль тектонических трещин. Постепенное подтачивание этих глыб снизу текущими водами приводит к их оседанию, а затем и полному уничтожению. При слиянии ящикообразные воронки формируют сложные лабиринты понижений, на дне которых располагаются останцы коренных пород, находящиеся в разных стадиях разрушения. Курису обычно называют удлиненные карстово-эрзационные формы, представляющие собой нередко сочетание карстовой воронки с расширенной долинкой небольшого потока. Длина их чаще всего не превышает 30—50 м, ширина 5—10 м и глубина 1—6 м. В отдельных случаях курису достигают 200 м длины и 8 м глубины. Расположенные на дне курису поноры поглощают поверхностные воды. Котловины редки. Для них характерна небольшая глубина и пологие склоны, незаметно переходящие в равнинную поверхность. Диаметр наиболее крупных котловин до 800 м, глубина 5—10 м. Во многих районах отмечаются суходолы длиной 1,5—2,5 км.

Широко распространены карстовые источники, имеющие иногда значительный дебит. Так, расход Тайцких, Орловских и Демидовских источников составляет

40 000 м<sup>3</sup>/сутки, при этом они выносят 3752 т карбоната кальция в год.

Подземный карст представлен в основном пещерами и полостями. Пещеры относятся преимущественно к типу коридорных, длина их не превышает 200 м. К трещинам напластования нередко приурочены трубообразные каналы диаметром до 0,4 м. Подземные полости, выявленные бурением, встречаются обычно до глубины 20—30 м. Поперечник их изменяется от 0,02 до 8 м. Около 60% подземных полостей выполнено пластичной глиной. В некоторых местах вдоль тектонических трещин северо-восточного направления располагаются зоны, где известняки и доломиты сильно выщелочены и разрушены, причем промежутки между их обломками заполнены глинистым материалом.

Северо-Прибалтийская карстовая провинция по особенностям развития и распространения карста, характеру карстовых форм и их комплексов подразделяется на три карстовых округа: Западно-Эстонский, Северо-Эстонский и Ижорско-Волховский, которые в свою очередь делятся на 10 карстовых районов.

*Западно-Эстонский карстовый округ* находится на западе провинции, охватывая о-ва Хиума, Сарема, Муху и др. Большая часть территории сложена известняками и доломитами силура, лишь на севере о. Хиума распространены карбонатные образования ордовика. В пределах округа выделяется два карстовых района: Хиумский и Саремский.

Хиумский карстовый район занимает о. Хиума. Карст выражен сравнительно слабо и представлен преимущественно небольшими формами.

Саремский карстовый район территориально совпадает с о. Сарема. Поверхностный карст представлен воронками и понорами. Наиболее крупные карстовые воронки приурочены к доломитам. Для подземного карста характерны небольшие полости. Глубинный карст активизируется в связи с подтоком в сильно трещиноватые известняки и доломиты морских вод, на что указывает повышенная минерализация подземных карстовых вод (до 1,5 г/л).

*Северо-Эстонский карстовый округ* охватывает территорию Эстонской ССР, к северу от параллели Пярну — Тарту. Карст развивается в карбонатных породах ордо-

вика и силура. В пределах округа насчитывается пять карстовых районов: Кейлаский, Энгесаугаский, Прандинавестинский, Пандиверский и Кундакохтлаский.

Кейлаский карстовый район располагается к югу и востоку от Таллина. Карст представлен воронками, понорами, котловинами, курису, суходолами, нишами и пещерами. Воронки преимущественно небольшие (редко до 20 м в диаметре и 4 м глубины). На дне их иногда развиты поноры. К северу от Коствере встречаются ящикообразные воронки с плоским дном и отвесными стенками высотой до 3 м. Формирование их связано с развитием в условиях высокого стояния уровня подземных вод и слабовыраженной зоны аэрации коррозионных процессов вдоль тектонических трещин. Абсолютная высота дна многих воронок совпадает с уровнем анциллового озера, что позволяет начать образования их отнести к анцилловому времени, тогда как более глубокие воронки сформировались в послеанцилловое время. Средняя плотность воронок не превышает 0,1 на 1 км<sup>2</sup>.

Широко распространены курису. Длина их 20—30 м, а глубина до 7 м. Котловины неглубоки, с пологими склонами. Одна из них — на северо-восточной окраине Хагери (диаметр более 80 м, глубина 5 м). В нее впадает небольшой ручей, вода которого поглощается понорами. Среди суходолов выделяется суходол р. Йыэляхтме длиной около 2,5 км. Весной и во время сильных летних дождей сухое русло р. Йыэляхтме и расположенные вдоль него карстовые формы заполняются водой. Интересны ниши и пещеры близ Коствере и Куйметса. Все они приурочены к тектоническим трещинам северо-восточного и северо-западного направлений и относятся к типу коридорных. Высота и ширина подземных галерей не превышает 2 м, а длина — 200 м.

Энгесаугаский карстовый район располагается в западной части Эстонии, между р. Энге и нижним течением р. Пярпу. Карст представлен различными поверхностными и подземными формами, приуроченными к известнякам и доломитам силура.

Прандинавестинский карстовый район находится в центральной части Эстонии между левыми притоками Пярну — Пранди и Навести и средним течением р. Пыльтсамаа. Брекчии доломитов указывают на интенсивное развитие древнего карста.

Пандиверский карстовый район охватывает Пандиверскую возвышенность в северной части Эстонии. Особенно широко карст развит в окрестностях Поркуни, Савалду-маа, Тамсалу, Ваенгу, Куйвагаре, Визусти, Пикевере, Эрина, Коону, Абури, Ависпэа и Кадила. Среди поверхностных карстовых форм преобладают воронки, колодцеобразные поноры и котловины. Воронки преимущественно небольшие, лишь в отдельных случаях они достигают 30 м в диаметре и 7 м глубины (Визусти). Встречаются молодые провалы, отличающиеся обрывистыми склонами. Средняя плотность воронок не превышает 0,2 на 1 км<sup>2</sup>. Колодцеобразные провалы активно поглощают поверхностные воды и постепенно превращаются в небольшие воронки. Котловины неглубокие (1,5—2 м) и пологосклоновые. Весной они заливаются водой и превращаются в озера. Наиболее крупные котловины достигают 120 м в диаметре и 6 м глубины. На дне и склонах котловин развиты поноры. В окраинных частях возвышенности отмечаются карстовые источники, которые питают реки. Подземный карст выражен небольшими кавернами и полостями, обычно выполнеными глиной. Методом симметричного электропрофилирования на склонах древней погребенной долины Поркуни выявлены карстово-денудационные ложбины, заполненные четвертичными отложениями. Они выявляются также по особенностям распределения поверхностных карстовых форм.

Кундаохтлаский карстовый район расположен на северо-востоке Эстонии. Карстовые процессы развиваются во всей толще ордовикских карбонатных пород, разбитых тектоническими трещинами, по которым циркулируют инфильтрационные воды. Активизации карста в зоне постоянного водообмена способствуют окислительные процессы, вызывающие разложение сульфидов до серной кислоты, повышающей агрессивность подземных вод.

Поверхностный карст представлен воронками, понорами, суходолами, нишами и пещерами. Карстовые воронки особенно широко распространены в окрестностях Сомпа, Йыхви и Люганузе (рис. 6). Одна из наиболее крупных воронок находится в 1,5 км южнее Люганузе. Диаметр ее 40 м, глубина 6 м. Слоны воронки обрывисты, на дне развиты крупные поноры, которые полностью поглощают воды р. Эрры (приток р. Пуртсе), формируя суходол Ухаку длиной более 1,5 км. Другая



**Рис. 6. Провальная карстовая воронка на левом берегу р. Кохтлы  
(в 5 км к юго-западу от Кохтла-Ярве)**

крупная воронка находится у д. Калина. Поглощающая способность ее превышает  $70 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Встречаются молодые провалы, достигающие иногда значительных размеров. Такой провал с большим понором на дне, ведущим в пещеру, отмечен в 3 км к северо-западу от Сомпа. Средняя плотность карстовых воронок около  $0,2$  на  $1 \text{ км}^2$ . На склонах суходола Ухаку, сложенных известняком, развиты небольшие ниши и карры.

Подземный карст приурочен в основном к тектони-

ческим трещинам северо-западного направления. Он представлен кавернами и полостями, выполненными песчано-глинистым материалом, кальцитом и сульфидами. Наиболее крупные полости отмечены в таллинских известняках, подстилающих пачку сланцев. В некоторых местах вдоль тектонических трещин прослеживаются крупные зоны выщелачивания известняков, где карбонатные породы сильно раздроблены. Эти зоны охватывают всю толщу ордовика и протягиваются на много сотен метров. В рельефе поверхности они нередко фиксируются по увеличению мощности четвертичных отложений, а также по наличию поверхностных карстовых образований. В местах пересечения зон выщелачивания известняков с горючими сланцами, в условиях постоянного притока карстовых вод, обогащенных серно-кислыми и углекислыми соединениями, развиваются сложные физико-химические процессы, определяющие окисление и вынос органического вещества из продуктивной толщи сланцев и замещение их голубоватой глиной с обломками доломитизированных известняков.

*Ижорско-Волховский карстовый округ* располагается на востоке Северо-Прибалтийской провинции. Карстуются карбонатные породы ордовика и девона. Округ делится на три карстовых района: Нарвалужский, Ижорский и Волховский.

Нарвалужский карстовый район находится в западной части Ленинградской области между р. Нарвой и средним течением Луги. Карст лучше всего изучен в низовьях Плюсы, где карстовые формы наиболее широко распространены в окрестностях деревень Гостицы, Боровни, Омута и г. Сланцы. Среди карстовых воронок выделяется гостицкая яма (в 1,5 км к западу от Гостицы), достигающая 50 м в диаметре и 18 м глубины. На дне этой грандиозной воронки шесть крупных поноров, отличающихся высокой поглощающей способностью. В воронку впадают четыре ручья, долины которых хорошо выражены в рельефе. Встречаются молодые провалы. Средняя плотность карстовых воронок около 0,2 на 1 км<sup>2</sup>.

Интересен суходол ручья Сибирского протяженностью около 0,2 км. На дне и склонах его развиты воронки и поноры, заросшие травой и кустарником, они полностью поглощают поверхностные воды. Ниже по течению ручей вновь выходит на поверхность многочисленными источ-

никами. Один из них вытекает из пещеры, начинаящейся гротом высотой и шириной 1 м, длиной 5 м. Дебит этих источников резко колеблется в разные сезоны года и целиком определяется количеством воды, поступающей в поноры у д. Большие Поля. Весной и осенью расход наиболее крупных источников достигает 200 л/сек.

Скважинами в карбонатных породах ордовика вскрыты полости от 0,05 до 1,5 м. Полости обычно заполнены зеленовато-серой глиной, иногда песком или доломитовой мукой. В таллинских известняках зафиксированы полости более 10 м длины. Особенно сильно закарстована верхняя часть карбонатной толщи до глубины 4 м. Здесь наряду с кавернами и полостями встречаются древние карстовые воронки выщелачивания, выполненные глиной с обломками известняка. Исследование карста в карьере Печурка (Сланцы) показало, что наиболее интенсивно карстовые процессы развиваются в известняках везенбергского горизонта верхнего ордовика, а также на контакте их с доломитами. Доломиты закарстованы значительно слабее. Общая закарстованность везенбергских известняков у д. Каменка составляет около 4%. В толще карбонатных пород вдоль вертикальных тектонических трещин прослеживаются зоны выщелоченных известняков. На участках, где они секут пласты горючих сланцев, в результате постоянного притока карстовых вод наблюдаются окисление и вынос органического вещества из продуктивной пачки. Это определяет замещение сланцев глинистыми отложениями с включениями обломков доломитовых известняков и прослойков кварцевых песков. Такие участки автор исследовал в шахте № 1 Ленинградского сланцевого месторождения.

Ижорский карстовый район характеризуется интенсивным развитием карста, приуроченного к известнякам и доломитам ордовика. Наиболее широко карст распространен в окрестностях деревень Чертовицы, Гостилицы, Дятлицы, Черемыкино, Шундорово, Каськово, Слепино, Тешково, Торосово, Муратово, Волгово, Березнево, Губаницы, Кикерино, Глядино, Тилизи, Скворицы, Кезелево, Вохоново, Тайворено и Верепье (рис. 7).

Поверхностный карст представлен воронками, колодцеобразными провалами, понорами, блюдцами, котловинами и суходолами. Карстовые воронки обычно небольшие, но некоторые из них достигают 50 м в диаметре и

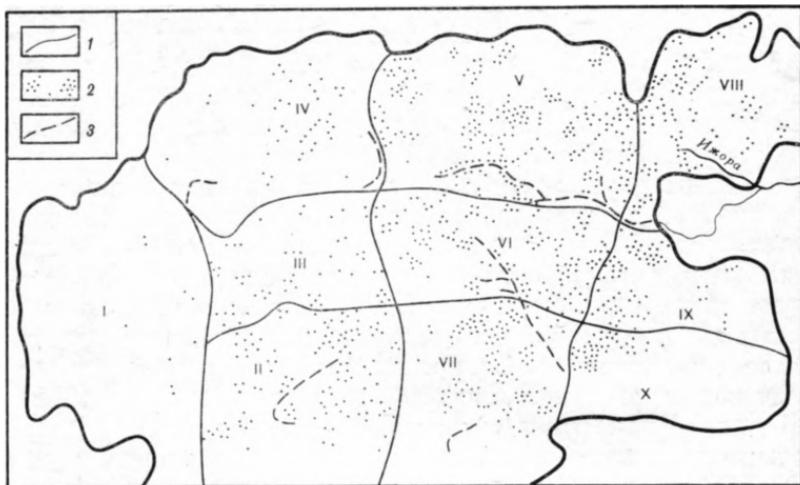


Рис. 7. Схема распространения и районирования карста Ижорской возвышенности

1 — границы карстовых участков; 2 — карстовые воронки; 3 — карстовые суходолы. Карстовые участки: I — Веймарнский; II — Врудаский; III — Бегуницынский; IV — Кировский; V — Гостилицкий; VI — Муратовский; VII — Волосовский; VIII — Красносельский; IX — Вохоновский; X — Елизаветинский

12 м глубины (у Березнево). Воронки чаще всего вытянуты в цепочку или встречаются небольшими группами. В некоторых местах (близ Тилизи Гостилицы, Варепье) они завалены валунами и заросли кустарником. Интересны молодые провалы, указывающие на активное развитие современных карстовых процессов. Один из таких провалов, расположенный у д. Кезелево, имеет вид ямы с обрывистыми стенками, глубиной 1,5 м и в поперечнике 2,5 м. На дне провала большой понор. Средняя плотность воронок — около 2 на 1 км<sup>2</sup>. Часто встречаются колодцеобразные поноры (диаметр 0,5 м, глубина 1,5—2,0 м), отводящие поверхностные воды в глубь карстующего массива. Карстовые блюдца хорошо выявляются по растительности. Они отличаются пологими склонами, которые незаметно переходят в равнинную поверхность. Глубина блюдец 2—3 м, диаметр 20—40 м. Котловины встречаются редко. Наиболее крупная из них, расположенная к северу от д. Дятлицы, достигает 160 м длины, 80 м ширины и 8 м глубины.

В окраинных частях Ижорской возвышенности карстовые источники иногда объединяются в группы (Орловские, Тайцкие, Гостилицкие, Хревицкие, Перелесинские, Ропшинские и др.). Расходы одиночных источников изменяются от 0,5 до 100 л/сек, а групповых составляют 400 л/сек. Жесткость воды 5—6 мг-экв.

Каверны и полости подземного карста прослеживаются по всей толще карбонатных пород, их объем нередко достигает 3—5 м<sup>3</sup>. Карстовые подземные полости обычно выполнены голубовато-зеленой пластичной глиной. Возраст подземных форм на Веймарнском месторождении сланцев, где в карстовом делювии была найдена среднедевонская фауна (рыбы, трохилиски), достоверно установлен как додевонский и нижнедевонский (Левыкин, 1962). Наряду с полостями встречаются участки сильно разрушенных доломитов, превращенных в доломитовую муку. Ю. М. Гуревич (1966) выделяет на Ижорской возвышенности четыре гидродинамические зоны: 1) вертикальной нисходящей циркуляции, коэффициент закарстованности 7—8%, мощность зоны 6—18 м; 2) периодического колебания уровня трещинно-карстовых вод, коэффициент закарстованности 3—5%, мощность зоны непостоянна в течение года и изменяется от 0 до 15 м; 3) горизонтальной циркуляции, коэффициент закарстованности 3—5%, мощность 1—25 м (увеличивается к северу); 4) глубинной циркуляции, коэффициент закарстованности около 1 %, мощность в южной части возвышенности 100 м.

Волховский карстовый район располагается вдоль южного берега Ладожского озера. Поверхностный карст развит слабо, что связано со значительной мощностью (до 10 м) четвертичных отложений и наличием в верхней части известняковой толщи ордовика прослоек глины. Лучше всего карст выражен вдоль речных долин. Подземные формы представлены небольшими полостями, выполненными песчано-глинистыми отложениями.

**Южно-Прибалтийская карстовая провинция** располагается в южной половине Прибалтики, протягиваясь широкой полосой от Балтийского моря до оз. Ильмень.

В структурном отношении провинция находится в пределах Балтийской синеклизы и Латвийской седловины, отделяющей Балтийскую синеклизу от Московской. Глубина кристаллического фундамента, сложенного протеро-

зойскими, сильно метаморфизованными породами, составляет 0,7—1,5 км, на крайнем юго-западе около 2 км. До-кембрийские породы перекрыты осадками палеозоя. На поверхность выходят преимущественно песчано-глинистые, карбонатные и сульфатные отложения верхнего девона, а на юго-западе — верхней перми, прикрытые тонким плащом четвертичных образований ледникового происхождения.

Рельеф — равнинный, преимущественно холмисто-моренный, с хорошо сохранившимися ледниково-аккумулятивными формами. Абсолютная высота поверхности достигает 300 м. Широко распространены зандровые и озерно-ледниковые равнины. Поверхность их плоская, слабо дренируемая. Между низменностями поднимаются невысокие холмистые возвышенности, имеющие нередко в основании выступы коренных, в том числе карстующихся пород.

Климат провинции — влажный, слабоконтинентальный, с мягкой зимой и теплым летом. Средняя температура января —6, —9°, а июля 16—18°. Осадков выпадает 700—800 мм в год. Высота снежного покрова составляет 0,3—0,4 м, а продолжительность его залегания 110—125 дней.

Реки провинции Нямунас, Даугава и другие относительно многоводны. Питание их смешанное, главным образом снеговое. Много озер. В девонских отложениях на глубине от 8 до 70 м отмечается несколько водоносных горизонтов. Воды верхнего горизонта, приуроченного к шелонским гипсам и залегающего на глубине 8—35 м, относятся к сульфатному типу. Иногда восходящие источники, питаемые водами верхнего горизонта, поднимаются со дна карстовых воронок. Один из таких мощных источников отмечен в долине р. Татула, близ курорта Ликенай. Он заполняет водой воронку диаметром 7 м и глубиной 3 м и имеет дебит 540 л/сек. Этот восходящий источник, соединяясь с двумя другими крупными источниками, образует р. Смардоне, впадающую в р. Татулу. Подземные воды, циркулирующие в карбонатной толще верхнего девона, относятся к гидрокарбонатному типу. Они разгружаются обычно в долинах рек. Дебит некоторых карстовых источников, связанных с этими водоносными горизонтами, достигает 55 л/сек (окраина г. Пскова).

Растительность представлена елово-широколиственными и сосново-широколиственными лесами, под которыми формируются дерново-подзолистые, а в местах выхода известняков — дерново-карбонатные почвы. Хвойно-широколиственные леса относятся к типу сложных. В их состав наряду с елью и сосновой входят липа, ильм и вяз. Большие площади заняты ельниками-кисличниками и сосняками-брусничниками, которые в понижениях сменяются долгомошными и сфагновыми лесами. На хорошо дренируемых южных склонах встречаются дубовые леса. Местами поверхность сильно заболочена. Преобладают верховые, в основном плоскомочажинные болота, поросшие мелкой сосной.

На территории провинции карстуются сульфатные и карбонатные породы верхнего девона и частично карбонатные отложения верхней перми. Особенно широко распространены провальные воронки, достигающие 50 м в диаметре и 20 м глубины. Некоторые провалы имеют форму глубоких колодцев. Воронки часто заполнены водой и представляют собой озера. Наиболее крупное из них оз. Киркилай (длина 1100 м, ширина 200 м и глубина 12 м). Значительно развиты суходолы. Буровыми скважинами во многих местах выявлены древние карстовые провалы, выполненные разрушенными породами и четвертичными отложениями. Диаметр и глубина некоторых провалов превышает 100 м, а плотность их достигает 25 на 1 км<sup>2</sup>. Эти древние, не выраженные в современном рельефе формы образовались, по-видимому, в неогене. В карбонатных породах девона отмечены также каверны и полости.

Южно-Прибалтийская карстовая провинция подразделяется на два карстовых округа: Литовско-Латвийский и Псковский, которые в свою очередь делятся на шесть карстовых районов.

*Литовско-Латвийский карстовый округ* охватывает территорию между реками Нямунас и Даугава. В его пределах два карстовых района: Курземский и Даугавский.

Курземский карстовый район территориально совпадает с Курземской возвышенностью. Карстовые явления в верхнедевонских гипсонасных отложениях отмечены у селений Кулдига и Кемери, а в известняках и доломитах верхней перми на правобережье р. Вянты (в доли-

нах рек Видакште, Акмене и Швентуте). Карст представлен небольшими воронками и блюдцами.

Даугавский карстовый район охватывает обширную низменную территорию между Ригой и Каунасом. Карстовые воронки и суходолы развиты у селений Пасвалис, Ликенай, Кауняй, Киркилай, Биржай, Лапакрита, Скайтскалне, Яунелгава и Балдоне. Преобладают просадочные и провальные воронки, достигающие иногда 50 м в диаметре и 15—20 м глубины. Часто они заполнены водой и представляют собой озера. Воды отдельных озер на некоторых участках имеют между собой свободную связь по подземным каналам в гипсовой толще. На Ликенайском и Биржайском участках встречаются суходолы. Интересен ручей Пожемис (Подземный), исчезающий в гротообразных карстовых пустотах Швейнтойн-Скиле (Святая дыра).

*Псковский карстовый округ* занимает восточную половину Южно-Прибалтийской провинции. Он подразделяется на четыре карстовых района: Видземский, Ханья-Латгальский, Ильменский и Витебский.

Видземский карстовый район охватывает Видземскую возвышенность. Карстуются известняки и доломиты верхнего девона. Широко развиты современные и древние карстовые провалы у селений Плявиняс, Кокнese, Кегумс, Икшкиле и Виреши. Некоторые провалы имеют форму колодцев глубиной до 70—100 м. Особенно интенсивно карстовые процессы развиваются в месте сближения древней и современной долин р. Даугава. Под руслом реки выявлены крупные карстовые полости.

Ханья-Латгальский карстовый район охватывает возвышенности Ханья и Латгальская и расположено между ними низменное пространство. Карстуются известняки и доломиты верхнего девона. Карстовые явления отмечены в долинах рек Даугава, Педедзе, Великой, Кудебы и Псковы. Особенно широко распространены карстовые воронки и провалы. Обнажающиеся в некоторых местах доломиты кавернозны. Среди суходолов наиболее известен Чертов ручей в низовьях р. Великой.

В Ильменском и Витебском карстовых районах, где карстуются карбонатные породы девона, карст отмечен лишь на двух участках: Псижаском и Рубаском. Наиболее детально исследован Рубаский карстовый участок в долине Западной Двины, в 25 км к северо-востоку от

Витебска. Здесь Западная Двина на протяжении 8 км врезается в доломиты верхнего девона, перекрытые четвертичными, преимущественно ледниковыми отложениями мощностью 40—50 м. Поверхностные карстовые формы на этом участке не выражены. В то же время обнажающиеся доломиты сильно кавернозны. Буровыми скважинами установлено, что кавернозность отмечается во всей толще доломитов, до контакта их со снетогорскими гипсами и песками. Преобладают каверны от 1 до 5 см, а наиболее крупные достигают 20—30 см. Они образовались за счет выщелачивания породы медленно циркулирующими пластовыми водами. Эти процессы протекали на протяжении длительного геологического времени.

## **ОНЕЖСКО-КУЛОЙСКАЯ КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ**

Онежско-Кулойская карстовая область охватывает северную часть Русской равнины, приуроченную в структурном отношении к северной половине Московской синеклизы. В области выделяются три карстовые провинции: Двинско-Мезенская, Онего-Двинская и Северо-Уральская.

**Двинско-Мезенская карстовая провинция** занимает междуречье нижнего течения рек Северной Двины и Мезени. Провинция располагается в пределах северо-западного крыла Московской синеклизы, где древний кристаллический фундамент довольно близко подходит к поверхности. Мощность палеозойских осадочных отложений, несогласно залегающих на выравненной поверхности протерозойских пород, увеличивается к юго-востоку от 500 до 1500 м. Территория сложена известняками, доломитами, гипсами, ангидритами, мергелями, аргиллитами, алевролитами и песчаниками каменноугольного и пермского возраста. Верхнепалеозойские породы характеризуются слабым падением на восток-северо-восток. В том же направлении отмечается смена древних отложений (средний карбон) более молодыми (верхняя пермь). Каменноугольные и пермские образования почти повсеместно прикрыты плащом песчано-глинистых четвертичных осадков, преимущественно ледникового происхождения. Мощность их обычно не превышает 2—3 м. Лишь в некоторых местах она увеличивается до 20 м (г. Пинега). В долине р. Сояны, близ д. Кепина, мощность четвертичных отложений достигает 58 м.

Карбонатные и сульфатные породы разбиты трещинами северо-западного и северо-восточного простирания.

Рельеф — плоскоравнинный. Большую часть провинции занимает Беломорско-Кулойское плато, которое на юге и востоке переходит в низменную пологохолмистую равнину. Беломорско-Кулойское плато представляет собой пластовую возвышенность, образовавшуюся в кайнозойское время в результате общего поднятия северной части Русской равнины и последовавшего за этим эрозионного расчленения единой верхнемезозойской поверхности выравнивания. Плато крутым уступом в 20—50 м обрывается на северо-западе к приморской низменности, а на востоке — к долине р. Кулоя. Средняя высота его около 100 м, а наибольшая в верховьях реки Кучемы (правый приток Сояны) достигает 208 м. Часто встречаются ледниковые и карстовые формы рельефа.

Климат — континентальный. Средняя температура января —10, —13°, а июля 14—15°. В течение года выпадает 350—450 мм осадков. Высота снежного покрова 0,5 м, а продолжительность его залегания около 190 дней.

Речная сеть довольно густая. К крупным рекам относятся Пинега, Кулой и Сояна. Воды карстовых источников на участках развития сульфатных пород отмечаются высокой (до 2000 мг/л) минерализацией.

Территория покрыта северотаежными еловыми, елово-пихтовыми, сосновыми и березовыми лесами, под которыми формируются глеево-подзолистые и подзолисто-иллювиально-гумусовые суглинистые и супесчаные почвы. Большие площади покрывают грядово-мочажинные болота. Крайний север занимает лесотундра.

Широкое распространение трещиноватых сульфатных и карбонатных пород, значительная расчлененность территории, небольшая мощность четвертичных отложений и сильное переувлажнение поверхности, вызванное слабым испарением, обусловили интенсивное развитие в Двинско-Мезенской провинции поверхностного и глубинного карста. Наиболее энергично карстовые процессы развиваются в местах эрозионных врезов, где рыхлый материал почти полностью денудирован и карстующиеся породы выведены на дневную поверхность.

Современный карст наиболее активен в гипсово-доломитовых отложениях нижней перми, отличающихся сильной тектонической трещиноватостью. Здесь широко пред-

ставлены воронки (провальные и просасывания), котловины, колодцы, поноры, расщелины, исчезающие речки и пещеры. Наиболее крупные воронки достигают в диаметре 50—70 м и глубины 20—25 м. В некоторых местах на 1 км<sup>2</sup> насчитывается до 400—500 воронок. Иногда они так близко подходят друг к другу, что отделяются лишь узкими гребнями. Повсюду обнаружены молодые провалы. Соединяясь, карстовые воронки образуют сложнопостроенные котловины до 200—250 м в диаметре. В придолинных участках развиты карстовые лога. Особенно интересны пещеры. В настоящее время в пределах Двинско-Мезенской провинции выявлено и описано 145 карстовых пещер общей протяженностью 35 500 м. Наиболее крупные из них Конституционная (длина 5700 м), Ленинградская (3400 м), Сотка (2600 м), Северянка (2300 м) и Пинежская им. А. Терещенко (2300 м). В карбонатных отложениях каменноугольного и верхнепермского возраста карстовые процессы менее активны. Здесь отмечены преимущественно небольшие воронки, каверны и полости (до 2—5 м в поперечнике).

Широко развиты древние погребенные карстовые образования, выполненные четвертичными песчано-глинистыми отложениями. Выявленные на разной глубине (до 100 м и более) в карбонатных породах каверны и полости заполнены обломками этих пород, а также гипсом.

Двинско-Мезенская карстовая провинция подразделяется на два карстовых округа (Кулойский и Пинежский) и шесть карстовых районов.

*Кулойский карстовый округ* охватывает Беломорско-Кулойское плато и примыкающую к нему на востоке низменную равнину. В его пределах четыре карстовых района: Койдинский, Лакинский, Кельдинский и Олминский.

Койдинский карстовый район располагается в северной части Беломорско-Кулойского плато, к северу от р. Сояны. Карстуются сульфатные и карбонатные отложения нижней перми и верхнего карбона. Особенно интенсивно карст развит в долинах рек Сояны, Мегры и Майды, где карстуются мощные толщи гипса. Воронки достигают 30 м в диаметре и 10 м глубины. Встречаются сложнопостроенные котловины, иногда занятые озерами. В верховьях Сояны отмечаются небольшие пещеры.

Лакинский карстовый район занимает среднюю часть

Беломорско-Кулойского плато между реками Сояной и Полтой. Карст отмечен в долинах Сояны, Кепины, Пачуги, Лаки, Ежуги и Полты. Среди поверхностных форм наиболее широко распространены воронки, достигающие иногда значительных размеров. Встречаются суходолы, ниши и небольшие пещеры.

Кельдинский карстовый район находится в южной части Беломорско-Кулойского плато между реками Пинегой и Полтой. Карстуются гипсы, ангидриты и доломиты нижней перми, а также известняки и доломиты среднего и верхнего карбона. Наиболее часто попадаются воронки до 40 м в диаметре и 15 м глубины. Плотность воронок в некоторых местах доходит до 500 на 1 км<sup>2</sup>. Некоторые воронки заняты водой и представляют собой карстовые озера. Интересно оз. Белое, расположенное на пойме р. Кулой, в 16 км к северу от с. Пинеги. Оно имеет округлую форму и достигает глубины 34 м. Из озера вытекает р. Белая, имеющая длину 3 км и ширину 40 м. Иногда встречаются сложные блюдцеобразные котловины до 100 м в диаметре и 5—8 м глубиной, на дне и склонах их развиты небольшие воронки. К 7 км к юго-западу от с. Пинега находится крупная провальная котловина, длина ее около 500 м, а ширина 300 м. На отвесных склонах котловины обнажаются гипсы.

В долинах рек описаны карстовые пещеры. Особое положение занимает пещера Ленинградская. Она находится на левом берегу р. Сотки, примерно в 15 км от ее устья. Пещера сформировалась в толще сульфатных пород нижней перми и представляет собой русло подземной реки. В ней выделяется несколько гротов длиной до 100 м и высотой до 10—15 м. Образовавшаяся в своде грота Холодного органная труба диаметром около 1,5 м выходит на дно поверхностной карстовой воронки. По дну пещеры течет ручей шириной 1,5 м и глубиной до 0,4 м. Средняя скорость подземного ручья 0,3—0,4 м/сек. Температура воды изменяется от 1,°7 (зимой) до 3,°4 (летом). Общая длина пещеры 3400 м, объем 73 000 м<sup>3</sup>.

Олминский карстовый район охватывает низменную равнину, примыкающую на востоке к Беломорско-Кулойскому плато. Карстовые процессы особенно интенсивны на Кулогорском участке, расположенном на правобережье верховьев Кулоя. Поверхностные формы представлены воронками, котловинами и пещерами (рис. 8). Воронки



Рис. 8. Провальная карстовая воронка на окраине с. Кулогоры

достигают 50 м в диаметре и 15 м глубины. Плотность их местами 50—100 на 1 км<sup>2</sup>. Воронки нередко заняты водой и представляют собой озера. Встречаются свежие провалы. К наиболее крупным пещерам относится Кулогорская, длина которой составляет 1750 м. Другой значительной пещерой является Водная, имеющая длину 600 м.

*Пинежский карстовый округ* находится на междуречье Пинеги и Северной Двины. В его пределах выделяется два карстовых района: Пукшенинский и Среднепинежский.

Пукшенинский карстовый район занимает левобережье нижнего течения Пинеги и бассейн Пукшени (правого притока Северной Двины). Наиболее детально исследован Липовский участок, расположенный на правом берегу р. Северной Двины между деревнями Кали и Липовка. Протяженность его около 25 км, а ширина до 5 км. Особенно интенсивно закарстована непосредственно примыкающая к реке полоса шириной 0,2—0,5 км. Здесь поверхность буквально испещрена карстовыми воронками и провалами, достигающими 50—80 м в диаметре и 15 м глубины. Карст этой полосы близок к типу задернованно-

го гипсово-ангидритового карста. По мере удаления от реки, в связи с увеличением мощности рыхлых отложений, плотность карстовых форм уменьшается, причем воронки развиваются преимущественно на склонах карстово-эрэзационных логов. Многие небольшие реки и ручьи (Амональный, Никольский и др.), попадая в закарстованную полосу, теряются в понорах и текут под землей. По берегу Северной Двины в уступе коренных пород несколько выше современного уровня реки встречаются ниши и пещеры. Самой крупной пещерой является Двинская. Она расположена у устья Никольского лога, в 7 км ниже д. Кали. Длина пещеры 990 м, объем 5600 м<sup>3</sup>. Широко развиты древние карстовые образования, выполненные плейстоценовыми отложениями.

Среднепинежский карстовый район охватывает среднее течение р. Пинеги. Карст особенно широко распространен на Гбачском карстовом участке, расположенном на междуречье нижнего течения Сии и Портюги. Поверхность здесь сильно закарстована. Повсюду встречаются карстовые воронки до 50 м в диаметре и 15 м глубиной. При слиянии воронок образуются обширные котловины и рвы. Встречаются карстовые лога. В высоких (до 30 м) гипсовых обнажениях по рекам Портюга, Летний Гбач и Сия отмечено 15 карстовых пещер. Наиболее крупная из них Гбач-7 имеет длину 820 м.

**Онего-Двинская карстовая провинция** находится между Онежским озером и нижним течением Северной Двины.

Провинция располагается на юго-восточном склоне Балтийского щита. Древний кристаллический фундамент погружается к востоку-юго-востоку от 200 до 1200 м. На западе территория сложена известняками и доломитами карбона, а на востоке пермскими сульфатно-карбонатными образованиями. Палеозойские породы перекрыты четвертичными, преимущественно ледниковыми и флювиогляциальными песчано-глинистыми валунными отложениями, мощность которых изменяется от 1 до 71 м.

Рельеф — холмисто-моренный, местами возвышенный, значительно расчлененный. Наибольшая высота поверхности 250—290 м. Заболоченные низины чередуются с платообразными или холмисто-волнистыми равнинами. В долинах рек распространены карстовые формы рельефа.

Климат — континентальный, с холодной и много-

Снежной зимой, прохладным и влажным летом. Средний температура января —12°, а июля 16°. В течение года выпадает 550—650 мм осадков. Высота снежного покрова 0,6 м.

Провинция находится в условиях избыточного увлажнения. Поверхность дренируется Северной Двиной и Онегой, а также их многочисленными притоками. На гидрологический режим многих рек существенное влияние оказывает карст, определяющий значительную зарегулированность стока. Карстующиеся нижнепермские и каменноугольные породы весьма водообильны. Подземные воды залегают на глубине 2—60 м. Они имеют гидрокарбонатно-кальциевый и гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый состав. Минерализация подземных вод увеличивается с глубиной. Выше местных базисов эрозии она не превышает 0,3—0,5 мг/л. Дебит карстовых источников, приуроченных к каменноугольным отложениям, достигает иногда 100 л/сек. К числу наиболее крупных источников относятся Потылицинский, Курятовский и Серехода. Дебит группы источников у д. Бережная Дубрава (на левом берегу Онеги) до 600 л/сек.

Растительность представлена еловыми, елово-сосновыми и сосново-лиственными среднетаежными лесами, а по долинам рек — лугами. Почвенный покров разнообразен. Преобладают подзолистые и подзолисто-глеевые почвы, развитые на моренных и покровных суглинках. Под лугово-травянистой растительностью распространены дерново-подзолистые почвы. Территория сильно заболочена. На участках интенсивного карста степень заболоченности поверхности резко уменьшается. Карстуются карбонатные и сульфатные породы каменноугольного и пермского возраста.

Современные карстовые формы рельефа представлены воронками, котловинами, понорами, суходолами и пещерами. Воронки достигают иногда 50—60 м в диаметре и 15—20 м глубины. Плотность их в некоторых местах составляет 100—200 на 1 км<sup>2</sup>. Интересны периодически исчезающие карстовые озера, характеризующиеся иногда значительными размерами. Наиболее крупное из них оз. Обозерское имеет длину 8 км. Встречаются котловины до 300 м длины и 10 м глубины. На многих реках отмечаются суходолы длиной до 0,5—1,5 км. Хотя территория относится к области избыточного увлажнения, во многих

местах в связи с уходом вод в карстовые полости поверхность сток отсутствует. К таким участкам относятся, в частности, водоразделы рек Ваймуги и Емцы, Емцы и Мехреньги, Емцы и Моши, Шелексы и Емцы, где речная сеть отсутствует. Пещеры небольшие, длиной до 5 м. Древний карст представлен глубокими (до 30 м) воронками и котловинами, а также полостями, которые выполнены песчано-глинистыми отложениями разного возраста и происхождения. Некоторые древние карстово-эррозионные образования достигают 20 км длины и 80 м глубины.

Онего-Двинская карстовая провинция подразделяется на два карстовых округа: Нижне-Двинский и Верхне-Онежский и пять карстовых районов.

*Нижне-Двинский карстовый округ* располагается между реками Онега, Моша, Вага и Северная Двина. В его пределах находятся три карстовых района: Ваймугский, Мехреньгинский и Вагинский.

Ваймугский карстовый район простирается к северу от р. Емцы. Карстуются в основном известняки и доломиты среднего и верхнего карбона. Наиболее распространены здесь карстовые воронки диаметром 30 м и глубиной 15 м. Карстовые озера отличаются резким колебанием уровня и изменением площади зеркала. Периодически исчезают карстовые озера Сямго, Обозерское и Суходорожное. Наиболее крупное оз. Обозерское, из которого вытекает р. Ваймуга, имеет длину 8 км и ширину 1,5 км. На дне его находится карстовая воронка диаметром 40 м и глубиной 10 м. На реках Ваймуга, Шелекса и Сухая Шелекса наблюдаются суходолы длиной до 200 м. Встречаются небольшие (до 5 м длины и 1 м высоты) пещеры. Шурфами и скважинами в некоторых местах вскрыты древние карстовые формы. Они представлены преимущественно воронками, выполненными песчано-глинистыми отложениями. При бурении известняков верхнего карбона выявлены также полости высотой до 4 м.

Мехреньгинский карстовый район охватывает междуречье Онеги и Северной Двины к югу от р. Емцы. Карстуются карбонатные и сульфатные породы каменноугольного и пермского возраста. Особенно интенсивно развит карст в долине р. Мехреньги и на левобережье Северной Двины, где развиты гипсово-доломитовые образования нижней перми. Здесь в некоторых местах плотность воронок достигает 200 и более на 1 км<sup>2</sup>. Наиболее интересен

Звоздский карстовый участок, расположенный на левом берегу р. Северной Двины, у пос. Звозд. Поверхность участка, особенно в приречной полосе, сильно закарстована. Широко распространены воронки, колодцы и лога. Воронки достигают иногда 50—70 м в диаметре, а колодцы 2 м в диаметре и 10 м глубины. Стены колодцев сложены гипсом. Встречаются котловины и лога, образовавшиеся в результате слияния отдельных воронок. Для карстовых логов характерны крутые склоны и плоское дно. В гипсовых обнажениях Северной Двины выявлено и описано 7 пещер в виде горизонтальных полостей туннельного типа. В западной части района в известняках и доломитах среднего и верхнего карбона развиты преимущественно небольшие карстовые воронки. Их диаметр обычно не превышает 20 м, а глубина 5 м.

Вагинский карстовый район охватывает левобережье р. Ваги, ниже впадения в нее р. Пуи. Карстуются известняки казанского яруса верхней перми. Преобладают небольшие воронки. Широко развиты древние погребенные карстовые формы.

*Верхнеонежский карстовый округ* располагается между Андомской и Няндомской возвышенностями. Он подразделяется на два карстовых района: Няндомский и Андомский.

Няндомский карстовый район охватывает Няндомскую возвышенность и прилегающее к ней низменное пространство между верховьями Онеги и Моши. Карстуются верхнекаменоугольные и пермские карбонатные и сульфатные породы. Морфологически карст представлен разнообразными понижениями в рельефе, а также полостями и кавернами в обнажающихся коренных породах. К карстовым озерам относятся Ильинское, Пулозеро, Кислое, Каргозеро, Шикозеро и другие, отличающиеся значительным колебанием уровня воды. Встречаются крупные карстовые котловины и лога. Суходолы отмечены на реках Ектыша и Чаженьга. Широко распространены карстовые источники с дебитом до 500—200 л/сек. Дебит группы источников у д. Бережная Дубрава составляет 600 л/сек. Скважинами во многих местах выявлены древние карстовые формы, не выраженные в современном рельефе. Наиболее крупная из них расположена у пос. Конево, протяженность ее более 20 км, ширина 2,5 км, а глубина до 80 м.

Андомский карстовый район охватывает Андомскую возвышенность и примыкающее к ней на востоке левобережье нижнего течения р. Онеги. Карстуются известняки и доломиты карбона. Современные карстовые формы представлены в основном воронками, которые в отдельных местах (у д. Хрулевская) достигают 100 м в диаметре и 10 м глубины. У деревень Санково, Фоминская и Михайловская развиты котловины до 300 м длины и 10 м глубины. Плотность воронок составляет иногда 150 на 1 км<sup>2</sup>. Суходол на р. Холуй (левый приток Чурьеги) имеет длину 3 км. К исчезающим рекам относится Безводица, впадающая в Онегу. В нижнем течении она на протяжении 200 м течет под землей. Во многих местах буровыми скважинами выявлены древние погребенные карстовые формы.

**Северо-Увальская карстовая провинция** охватывает в основном Северные Увалы — невысокую, вытянутую в широтном направлении возвышенность.

Провинция располагается в осевой зоне Московской синеклизы, осложненной Сухонским валом. Кристаллический фундамент залегает на глубине 2000—3000 м. Территория сложена пестроцветными глинисто-мергелистыми породами перми и триаса. Местами встречаются песчано-глинистые отложения юры и нижнего мела. Палеозойские и мезозойские породы перекрыты четвертичными, преимущественно ледниковыми образованиями. Рельеф повышенный, типично эрозионный. Климат — умеренно континентальный, с холодной зимой и прохладным влажным летом. Средняя температура января —14°, а июня 18°. В течение года выпадает 500—600 мм осадков. Растительность представлена среднетаежными и южнотаежными еловыми и елово-пихтовыми лесами, развитыми на подзолистых и дерново-подзолистых суглинистых почвах.

Северо-Увальская карстовая провинция подразделяется на два карстовых округа и два карстовых района: Сухонский и Кобринский.

Сухонский карстовый район охватывает нижнее течение р. Сухоны. Карстуются гипсы и доломиты верхней перми. Карст представлен провальными воронками до 40 м диаметром и 10 м глубиной. В 1920 г. у д. Алифатово в результате провала образовалась воронка диаметром 140 м и глубиной 50 м. Буровыми скважинами вскрыты подземные полости в сульфатных породах перми

В Кобринском районе, расположеннном в восточной части Северных Увалов, у с. Синегорье в верхнеюрских известняках, отмечены небольшие карстовые воронки.

## ЦЕНТРАЛЬНО-РУССКАЯ КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ

Центрально-Русская карстовая область находится в центральной части Русской равнины, в пределах южной половины Московской синеклизы. Она подразделяется на четыре карстовые провинции: Валдайскую, Московско-Окскую, Северо-Среднерусскую и Окско-Клязьминскую.

Валдайская карстовая провинция территориально совпадает с Валдайской возвышенностью, которая протягивается от верхнего течения р. Западной Двины до Онежского озера.

Природные условия. Валдайская возвышенность расположена на западном склоне Московской синеклизы, который характеризуется блоковым строением. Глубина залегания фундамента — 1200—1500 м. Территория сложена отложениями верхнего девона, нижнего и среднего карбона. Девонские отложения представлены пестроокрашенными глинами и мергелями. Верхнюю часть толщи слагают песчаники и доломитизированные известняки. На девонских отложениях несогласно залегает окская свита нижнего карбона, представленная слабодоломитизированными известняками, чередующимися со слоями песчано-глинистых отложений. Мощность толщи от 25 до 40 м. Выше располагается серпуховская свита нижнего карбона, слагающая поверхность карбонового уступа и карбонового плато. Она состоит в основном из карбонатных пород и достигает мощности 55 м. Восточная часть Валдайской возвышенности слагается известняками, доломитами и глинами среднего карбона, для которых характерно чередование слоев карбонатных пород с песчано-глинистыми отложениями.

Карбонатные породы разбиты тектоническими трещинами, которые имеют северо-западное и северо-восточное направления. Трещины обычно вертикальные или с крутыми углами падения. Хорошо выражены также трещины, приуроченные к плоскостям напластования слоев. Ширина трещин в отдельных случаях 10—15 см.

Карбонатные породы повсеместно перекрыты валунными суглинками, флювиогляциальными и озерными песча-

но-глинистыми отложениями четвертичного возраста. Мощность рыхлых образований изменяется от 0,5 до 20 м.

Валдайская возвышенность относится к обращенным Моноклинальным возвышенностям. На западе она круто обрывается к Прибалтийской низменности, а на востоке незаметно переходит в Верхневолжскую низменность. Наибольшие высоты составляют 280—300 м. К крупным орографическим элементам относятся карбоновый уступ («Карбоновый Глинт»), четко выраженный в рельефе, и карбоновое плато, представляющее собой относительно выровненную поверхность высотой 110—200 м. Среди древних форм выделяется Мстинская впадина, которая была заложена еще в девоне.

Валдайская возвышенность характеризуется ярко выраженным холмисто-моренным рельефом, который несет черты доледниковых и межледниковых размывов, ледниковой аккумуляции и эрозионной деятельности поверхностных вод, начавшейся после ухода последнего ледника. Аккумулятивно-ледниковые формы особенно хорошо выражены в западной части возвышенности, где широко распространены моренные холмы, гряды, озы и камы, чередующиеся с озерными впадинами и плоскими зандровыми участками. Конечные морены, вытянутые в северо-западном направлении, имеют форму гряд до 4—5 км длиной и 40—50 м высотой. Для восточной части возвышенности характерны обширные зандровые равнины. Геофизическими работами и буровыми скважинами в пределах возвышенности выявлены древние, не выраженные в современном рельефе речные долины, которые глубоко врезаны в коренные породы и выполнены мощной толщей рыхлых отложений. Вдоль карбонового уступа, на поверхности карбонового плато и по долинам рек, широко распространены карстовые формы.

Климат — умеренно континентальный, лето довольно теплое, сырое, а зима многоснежная. Территория находится под большим влиянием континентального и морского воздуха умеренных широт. С его приходом в летнее время устанавливается нежаркая, пасмурная или дождливая погода, а зимой наступает оттепель. Напротив, вторжение зимой арктического воздуха сопровождается понижением температуры до  $-45^{\circ}$  и установлением устойчивой морозной погоды. Средняя температура января, самого холодного месяца, составляет  $-11^{\circ}$ , а июля  $16^{\circ}$ .

В течение года выпадает 550—700 мм осадков, причем на теплый период приходится 400 мм. Высота снежного покрова увеличивается к северо-востоку от 0,4 до 0,6 м. В связи с сильными ветрами снег сносится с понижения рельефа, где он нередко достигает большой мощности.

Речная сеть на Валдайской возвышенности, являющейся водоразделом между реками Каспийского и Балтийского бассейнов, развита слабо, крупных рек почти нет. Ни одна река, кроме Мсты, не пересекает Валдайскую возвышенность. Для рек характерны высокие весенние половодья и осенние паводки. На снеговое питание приходится 60%, грунтовое 30 и дождливое 10%. Сток рек высокий, он достигает 10—12 л/сек·км<sup>2</sup>. К крупным озерам относятся Селигер, Валдайское, Велье и Шлино. Основные водоносные горизонты располагаются в девонских и каменноугольных отложениях. Особенно водообильны серпуховские слои, к которым приурочены карстовые источники с дебитом 2—10 л/сек, а в отдельных случаях — 50—560 л/сек. Подземные воды серпуховской толщи характеризуются значительной минерализацией, достигающей 300—400 мг/л. По химическому составу воды гидрокарбонатные, магниево-кальциевые, натриево-кальциевые.

Сложный рельеф Валдайской возвышенности определил значительную пестроту почвенного покрова, преобладают дерново-подзолистые и подзолистые почвы, формирующиеся под хвойными лесами. В долинах рек — аллювиальные и дерново-луговые почвы. В местах выхода карбонатных пород развиваются темноцветные неоподзоленные дерново-карбонатные почвы.

Растительность представлена южнотаежными еловыми и сосновыми лесами, чередующимися с мелколиственными насаждениями и различными по величине массивами болот и лугов. Еловые и сосновые леса преимущественно зеленомошные. На южных склонах встречаются сосняки с подлеском из орешника, бересклета и ильма. Повсеместно распространены луга. Преобладают пойменные разнотравные, переходящие в понижениях в осоковые, а на повышенных участках — в щучково-разнотравные. В долине р. Меты, где аллювий обогащен обломками карбонатных пород, развиты остепненные разнотравные луга. Болот сравнительно мало и они обычно невелики по размерам.

Карст в пределах Валдайской возвышенности значи-

тельно распространен. Он развивается в известняках и доломитах нижнего и среднего карбона. Наиболее интенсивно закарстованы доломиты и доломитизированные известняки. Карст представлен воронками, понорами, блюдцами, котловинами, суходолами и озерами. Воронки располагаются обычно группами, иногда вытянуты в цепочку. Наиболее крупные из них достигают 50 м в поперечнике и 15 м глубины. Часто встречаются блюдца диаметром около 25 м и глубиной 1—2 м, незаметно переходящие в равнинную поверхность. Слоны котловин длиной 300 м осложнены воронками. Наибольшее развитие карстовые процессы получают в пределах карбонового уступа и в долинах прорезающих его рек.

Карстовые озера достигают иногда крупных размеров. К концу лета карстовые озера сильно мелеют и по их бывшему дну, поросшему травяной растительностью, текут небольшие ручейки, исчезающие в провалах. Следовательно, многие карстовые озера представляют собой разливы рек, воды которых не могут сразу поглотиться понорами. Иногда в течение всего лета или нескольких лет в карстовых озерах нет воды. В некоторых озерах вода уходит, и зимой лед садится прямо на дно, облекая все его неровности. В местах ухода озер широко развиты провальные воронки, вытянутые цепочкой и показывающие путь подземного потока.

Подземный карст представлен кавернами, полостями и пещерами. Молодые четвертичные полости сложены преимущественно коричневой или бурой песчано-валунной глиной, а древние — известняковой, в основном жирной пестроокрашенной глиной. В некоторых полостях встречаются кристаллы кальцита и кварца. Интересны древние карстовые воронки, не выраженные в настоящее время в рельефе, но четко прослеживаемые в стенках карьеров и естественных обрывов.

Валдайская карстовая провинция подразделяется на два карстовых округа: Вепсовский и Валдайско-Торжокский и 15 карстовых районов.

*Вепсовский карстовый округ* располагается в северной части Валдайской возвышенности, охватывая Вепсовскую возвышенность и примыкающее к ней на востоке пространство до Белозерской гряды. В пределах Вепсовского округа выделяется три карстовых района: Шола-Мегрский, Поша-Мегрский и Ивода-Колпский.

Шола-Мегрский карстовый район занимает территорию между реками Мегра, Вытегра, Ковжа и Шола. Карстуются известняки и доломиты нижнего и среднего карбона. Среди поверхностных форм особенно широко распространены воронки и блюдца. Размеры воронок небольшие, лишь некоторые из них достигают 200 м в диаметре и 25 м глубины. Интересны карстовые озера Качозеро, Ундозеро, Лухтозеро и Куштозеро. Два последних к концу лета обычно полностью высыхают и тогда на дне их видны крупные карстовые воронки с хорошо развитыми понорами. В 8 км к востоку от Куштозера вытекает крупный источник, который образует р. Талик, впадающую в Базегу (приток Шолы). Как показали наблюдения, режим Талика связан с режимом Куштозера. Подземные формы представлены кавернами и полостями до 0,5 м в поперечнике. Встречаются небольшие пещеры.

Поша-Мегрский карстовый район охватывает большую часть Вепсовской возвышенности. Карстуются известняки и доломиты нижнего и среднего карбона. Наиболее распространены воронки, достигающие 20 м в диаметре и 7 м глубины.

Ивода-Колпский карстовый район занимает восточную часть Вепсовской возвышенности и прилегающие к ней низменные пространства. Карстуются известняки и доломиты среднего карбона. Карст представлен как поверхностными, так и подземными формами. Отмечаются древние воронки, выполненные песчано-глинистым материалом и не выраженные в современном рельефе.

*Валдайско-Торжокский карстовый округ* протягивается от верховьев Западной Двины до р. Иопль (приток Суды). Округ подразделяется на 12 карстовых районов.

Поша-Тихвинский карстовый район располагается в северной части Тихвинской гряды. Карстуются известняки нижнего карбона. Карст представлен небольшими воронками и блюдцами.

Тихвинский карстовый район занимает южную часть Тихвинской гряды между верховьями Тихвинки и Сяси. Карстуются известняки и доломиты нижнего карбона. Во многих местах карбонатные породы близко подходят к поверхности, что определяет широкое развитие карста, (рис. 9). В пределах района выделяются четыре карстовых участка: Пикалевский, Могатинский, Нунгошский и Ескинский.



Рис. 9. Схема распространения и районирования карста южной части Тихвинской гряды

1 — границы карстовых участков; 2 — карстовые воронки; 3 — карстовые суходолы. Карстовые участки: I — Пикалевский; II — Могатинский; III — Нунгожский

На Пикалевском участке широко распространены воронки и блюдца. Воронки имеют обычно конусообразную форму и небольшие размеры (не выше 10 м в диаметре и 4 м глубины). Диаметр блюдец до 30 м, а глубина до 1 м. Встречаются карстовые котловины. На дне многих воронок и котловин развиты поноры. Средняя плотность воронок не превышает 1 на 1 км<sup>2</sup>, хотя в отдельных случаях на 1 км<sup>2</sup> насчитывается до 90 воронок (к северу от ст. Пикалево).

На ручье Майковском и Сухой речке отмечаются суходолы. Сухая речка берет начало из болота и на протяжении 1 км течет по поверхности, затем уходит под землю и появляется на поверхности в виде небольшого потока (ширина 1 м) лишь у хутора Селище. На месте подземного течения Сухой речки располагается понижение длиной 2 км, шириной 100 м и глубиной 3 м. Сухой участок изобилует карстовыми воронками, блюдцами и провалами. Повсюду развиты поноры.

Древние карстовые формы представлены воронками, в настоящее время не выраженным в рельефе. Наиболее крупная из них достигает 150 м в диаметре и 7 м глубины. Эта воронка приурочена к тарусским известнякам.

На Могатинском участке широко распространены карстовые воронки. Средняя плотность их составляет 2 на 1 км<sup>2</sup>. Встречаются котловины длиной до 400 м (у д. Селиваново). Зарегистрировано пять суходолов. Наиболее крупный из них на р. Сухая Пядомья (длина 1,2 км). Много карстовых озер.

Для Нунгожского карстового участка также характерны карстовые воронки. Особенно много воронок у деревень Паньково, Заречье, Нунгожа, Пронино, Заполье, Мощенка, Ярцево, Зубакино и Анисимово. Воронки обычно небольшие, хотя некоторые из них достигают 30 м в диаметре и 8 м глубины. Встречаются карстовые котловины (до 300 м длиной). Суходолы отмечаются на реках Рагуше, Ленинке и Черепке, наиболее крупный из них располагается на р. Рагуше, близ д. Рудная Горка. Длина его 3,5 км. На дне суходола, сложенном плитчатыми известняками, развиты провалы и котлы. В обрывистых склонах суходола обнаружены ниши. Широко развиты поноры, некоторые из них имеют вид щелеобразных пещер. Среди карстовых озер своими размерами выделяется оз. Нунгожа, периодически полностью высыхающее. Сква-



Рис. 10. Карстовое озеро Городно, расположенное у д. Никандрово

жинами выявлены древние карстовые формы, представленные полостями и воронками, выполненными песчано-глинистым материалом.

На юге Тихвинского района размещается Ескинский карстовый участок, характеризующийся значительным распространением разнообразных карстовых форм.

Песь-Соминский карстовый район располагается к востоку от Тихвинской гряды. Карстуются известняки и доломиты среднего карбона.

Песь-Верхнеуверьский карстовый район занимает значительную часть Шереховичского поднятия и примыкающую к нему территорию. Карстуются преимущественно нижнекарбоновые известняки и доломиты. Карст представлен разнообразными формами. К карстовым озерам относятся Городно (рис. 10), Рогавец, Вялец, Черное и Ямное. Все они периодически исчезают, тогда на дне озер прослеживаются крупные карстовые воронки с развитыми на склонах понорами. Некоторые озера по нескольку лет остаются сухими, а затем вновь заливаются водой.

Уверьско-Среднемстинский карстовый район. Карстуются известняки нижнего карбона, которые во многих местах близко подходят к поверхности. Выделяется пять карстовых участков: Волгинский, Кончанский, Сухоозерский, Тимонинский и Опеченскопасадский.

Опеченскопасадский участок простирается вдоль правого берега среднего течения р. Мсты. Плотность карстовых воронок около 3 на 1 км<sup>2</sup>. Среди карстовых рек интересна р. Шерена, которая в 0,2 км до впадения в р. Мсту исчезает в воронке, достигающей 11 м в диаметре и 3 м глубины.

Сухоозерский участок располагается к востоку и северо-востоку от г. Боровичи между деревнями Передки и Пальцево. Широко распространены воронки диаметром до 20 м и глубиной до 7 м. Встречаются суходолы. Среди карстовых озер выделяется Сухое озеро у д. Горки. Оно образуется в результате подпруживания двух речек Жужилки и Красной, которые весной и в начале лета сильно расширяются (до 800 м) и образуют два параллельных плеса Сухого озера. К концу лета Сухое озеро высыхает и по заболоченному дну его текут две небольшие речки, исчезающие в карстовой воронке диаметром около 15 м и глубиной 5 м.

Для Тимонинского, Волгинского и Кончанского карстовых участков характерны преимущественно воронки и блюдца, достигающие в отдельных случаях значительных размеров. На Волгинском участке находится исчезающая речка Керемерка, правый приток р. Мсты. В полосе выхода на поверхность известняков нижнего карбона она поглощается понорами, и в летнее время здесь образуется суходол протяженностью около 0,5 км. Скорость подземного течения потока составляет примерно 70 м в час, или 0,02 м/сек.

Уверьско-Кобожский карстовый район. Карстуются известняки и доломиты нижнего и среднего карбона.

Шегринско-Березайский карстовый район расположен в среднем течении р. Мсты между ее левыми притоками Шегринка и Березайка. Карстуются известняки и доломиты нижнего карбона. Выделяются три карстовых участка: Стегновский, Марьинский и Едовский.

Стегновский участок характеризуется весьма широким распространением поверхностных и подземных карстовых форм. Особенно много воронок, достигающих нередко значительных размеров (рис. 11). Карстовые воронки отмечаются близ деревень Стегново, Березовка, Заручевье, Иглово, Чеканово, Заречье и у рабочего поселка Угловка. Диаметр наиболее крупных из них 40 м, глубина 10 м. Средняя плотность карстовых воронок состав-



Рис. 11. Карстовая воронка в 0,5 км к югу от д. Стегново

ляет 16 на 1  $\text{км}^2$ , в некоторых местах доходя до 100—120 на 1  $\text{км}^2$  (к западу от Угловки). Наряду с воронками имеются котловины. Одна из них, расположенная в 1,8 км к юго-юго-востоку от д. Стегново, достигает 180 м длины и 15 м глубины. Некоторые котловины заняты водой и образуют крупные карстовые озера. К таким озерам относятся Большие Падучи, Малые Падучи и Сенное. На дне их развиты карстовые воронки, в которых периодически уходит вода, и озера осушаются.

Среди подземных форм чаще всего встречаются каверны и полости. Каверны не превышают 2—3 см в диаметре, тогда как поперечник полостей 1 м и более.

Ригельская пещера, в 0,5 км к западу от Угловки, имеет общую длину около 50 м и состоит из трех гротов, которые соединяются высокими проходами.

Карстовые источники иногда образуют большие карстовые ручьи. Примечателен карстовый источник, расположенный у д. Заручевье. Дебит его доходит до 116 л/сек.

Марьинский карстовый участок протягивается сравнительно узкой (до 4 км) полосой вдоль левого берега р. Меты, к северу от д. Опошна. Севернее д. Марьинское плотность воронок достигает 120 на 1  $\text{км}^2$ . Среди кот-

ловин наибольшими размерами отличается котловина, расположенная в устье р. Понеретки. Длина ее 300 м, ширина 150 м, глубина около 15 м. Дно и склоны котловины осложнены воронками и искусственными выработками. Особый интерес представляет суходол р. Понеретки протяженностью 3030 м. В береговых обрывах р. Меты отмечаются крупные полости, выполненные песчано-глинистым материалом.

На Едровском карстовом участке карст представлен преимущественно воронками диаметром 20 м и глубиной 6 м. На дне воронок развиты поноры, отводящие атмосферные осадки в глубь карстовых массивов, что указывает на развитие здесь подземных карстовых форм, пока еще слабо изученных.

На Цнинском, Селижаровском, Жукопско-Верхнезападнодвинском и Межа-Верхнетудовском карстовых районах карстуются известняки и доломиты нижнего карбона. Карст представлен преимущественно воронками.

На территории Войня-Верхнетыминского карстового района карстуются известняки и доломиты среднего карбона. Карбонатные породы на значительном протяжении обнажаются в долине р. Волги. Выделяются два карстовых участка: Неверовский и Старицкий.

Старицкий карстовый участок протягивается сравнительно узкой (до 5 км) полосой вдоль левого берега Волги к югу от г. Старицы. Карст представлен разнообразными формами. Особенно широко распространены воронки, вытянутые обычно в северо-северо-западном направлении. Наиболее крупные достигают 35 м в диаметре и 12 м глубины. Для них характерны крутые склоны с развитыми вдоль борта свежими глубокими трещинами. Средняя плотность воронок — 16 на 1 км<sup>2</sup>, причем по мере приближения к Волге она увеличивается. Все воронки заросли древесно-кустарниковой растительностью.

По северной окраине д. Молоково в сторону Волги тянется карстовый овраг. Длина его около 1,5 км, глубина в нижней части до 25 м. На круtyх склонах оврага повсеместно встречаются выходы кавернозных известняков, в которых прослеживаются также крупные (до 0,5 м в поперечнике) полости. На р. Чермошня, у д. Савельево, отмечается суходол протяженностью более 1,5 км. Широко распространены карстовые источники. Наиболее известен Красный Ключ в окрестностях г. Старицы.

Для Неверовского карстового участка характерны небольшие карстовые воронки и поноры.

**Московско-Окская карстовая провинция** располагается в центральной части Русской равнины, между Валдайской и Среднерусской возвышенностями. Провинция относится к южному крылу Московской синеклизы. Древний кристаллический фундамент погружается к северу до глубины 1500 м. На размытой и подвергшейся сильному выветриванию поверхности архейских и верхнепротерозойских пород залегают известняки, доломиты и мергели среднего и верхнего девона, к верхней части которых (данково-лебедянские слои) приурочена гипсонасная толща мощностью до 50 м, залегающая на глубине от 40 (Болохово) до 340 м (Москва). Девон перекрывается каменноугольными карбонатными и песчано-глинистыми отложениями, которые в связи с общим наклоном пластов характеризуются последовательной сменой в северном направлении древних пород более молодыми. На палеозойских образованиях почти повсеместно располагается мощная (до 80 м и более) толща глин и песков юрского, мелового и четвертичного возраста. В долинах рек, где мезо-кайнозойские отложения в значительной мере размыты, известняки и доломиты карбона нередко выходят на поверхность.

В каменноугольных и девонских породах прослеживаются тектонические трещины северо-западного и северо-восточного простирания. Трещины меридионального и широтного направлений выражены менее четко. Они, по-видимому, являются более молодыми.

Рельеф — равнинный, пологоувалистый. Он создан в значительной мере ледниковой аккумуляцией и эрозионной деятельностью талых ледниковых вод. Поверхность глубоко (50—150 м) расчленена речными долинами, имеющими нередко широкие террасы. На некоторых участках современный рельеф совпадает с подземным сильно закарстованным рельефом известняковой поверхности.

Климат — влажный, умеренно континентальный. Зима сравнительно нехолодная. Средняя температура января  $-10$ ,  $-11^{\circ}$ . Высота снежного покрова около 0,5 м. Лето — умеренно теплое. Средняя температура июля 17,  $18^{\circ}$ . Годовое количество осадков 600—650 мм, большая часть их приходится на теплое время года.

Главными реками являются Ока и Москва, принимающие многочисленные притоки. Они характеризуются высоким весенним половодьем и низкой летней меженью. Озера встречаются сравнительно редко. Среди карстовых выделяются Белое, Черное и Святое у ст. Косино. Длина самого большого из них оз. Белого 685 м, ширина 585 м, а глубина 14 м.

Провинция размещается в пределах Московского артезианского бассейна, который по характеру залегания и гидрогеологическим особенностям водоносных горизонтов, приуроченных к трещиноватым каменноугольным и верхнедевонским отложениям, относится к типу открытых бассейнов интенсивного водообмена. В каменноугольных породах выделяются три водоносных горизонта: верхне-, средне- и нижнекаменноугольный. Воды этих горизонтов трещинно-пластовые, интенсивно циркулирующие по трещинам в карбонатных породах, гидрокарбонатно-кальциевые или гидрокарбонатно-магниево-кальциевые с минерализацией 0,4—1 г/л. Минерализация глубинных подземных вод в девонских отложениях, представляющих собой сульфатные и хлоридные рассолы, достигает 180—200 г/л, а в нижнекембрийских ангидритах на глубине 1160 м (г. Москва) — 260 г/л. Питание подземных вод осуществляется путем инфильтрации атмосферных осадков на всей площади бассейна.

Проанализировав закономерности формирования подземного стока и оценив естественные ресурсы подземных вод, Н. А. Лебедева (1972) составила средний многолетний общий баланс Московского артезианского бассейна (слой, мм/год): осадки 680 = испарение 450 + общий сток 230 (поверхностный 140 + подземный 90). Из общего объема подземного стока 60 мм/год (или около 70%) приходится на подземный сток в реки и 30 мм/год (или примерно 30%) — на глубокий (региональный) сток, уходящий за пределы бассейна. Следовательно, общий подземный сток в пределах Московского артезианского бассейна составляет  $1070 \text{ м}^3/\text{сек}$  ( $33,4 \text{ км}^3/\text{год}$ ), что соответствует среднему модулю  $2,9 \text{ л/сек-км}^2$ , причем подземный сток в реки характеризуется модулем  $2,0 \text{ л/сек-км}^2$ .

Растительность представлена смешанными елово-широколиственными лесами, приуроченными к дерново-среднеподзолистым суглинистым почвам. В южной части встречаются участки широколиственных, преимуществен-

но дубовых лесов; на аллювиально-зандровых равнинах сосновые леса. Во многих местах коренные леса заменены вторичными мелколистными. Значительное распространение имеет также луговая и болотная растительность.

Карстуются карбонатные породы карбона и верхнего девона, в толще которых циркулируют напорные подземные воды.

Особенно интенсивно выщелачиваются верхнедевонские гипсы, с растворением которых связано иногда полное разрушение вышележащих пород и образование на поверхности земли крупных и глубоких провалов. Карст приурочен в основном к речным долинам, где развиты различные поверхностные и подземные формы. На водоразделах, где преобладают мощные толщи глинистых юрских и четвертичных отложений, карстовые образования редки и имеют преимущественно провальное происхождение. Наиболее часто попадаются воронки, иногда они достигают 100 м в диаметре и 30 м глубины, многие заняты водой и представляют собой озера. Буровыми скважинами и подземными выработками во многих местах выявлены крупные (объемом до 85 м<sup>3</sup> и более) полости и древние погребенные карстовые воронки до 100 м в диаметре и 24 м глубины. В одной из угольных шахт Щекинского района была обнаружена подземная пещера высотой около 25 м.

Большая часть подземных форм относится к древнему карсту. Они сформировались в различные периоды карстообразования (доугленосный, доверейский, доверхнене-юрский, меловой, палеоген-неогеновый, древнечетвертичный). Развиваются и современные подземные карстовые полости, на что указывает образование молодых воронок просасывания и свежих провалов иногда большой глубины.

В последнее время резко активизировались карстовые процессы в связи с хозяйственной деятельностью человека, сильно влияющей на естественный режим и химический состав природных вод.

В пределах Московско-Окской карстовой провинции располагаются два карстовых округа: Московский и Заокский, а также 12 карстовых районов.

*Московский карстовый округ*, находящийся на междуречье Москвы и Оки, подразделяется на семь карстовых районов: Вяземский, Верхнеугринский, Гжатский, Прот-

винский, Сухиничский, Московско-Пахринский и Пахринско-Окский.

В Вяземском, Верхнеугринском и Гжатском районах карст выражен сравнительно слабо. Он представлен небольшими воронками, понорами и суходолами. Речка Поникля на протяжении 3 км течет под землей, формируя типичный карстовый суходол.

В Протвинском и Сухиничском районах карст также не имеет широкого распространения. Лучше всего он выражен на Верейском, Трубинском и Верхнешахловском карстовых участках, где встречаются воронки, котловины и суходолы (р. Раточка, близ г. Верей). Воронки достигают 25 м в диаметре и 5 м глубины. Самая крупная карстовая котловина находится к юго-востоку от с. Трубино, на правом берегу р. Протвы. Длина ее 475 м, ширина 65 м и глубина 14 м. У с. Верхнее Шахлово один из карстовых источников образует небольшой (ширина до 1 м) ручей, который через 80 м исчезает в карстовой воронке и 150 м течет под землей, выходя на поверхность в обрывистом известняком берегу р. Нары.

Московско-Пахринский карстовый район занимает междуречье Москвы и Пахры. Карстуются известняки и доломиты среднего и верхнего карбона. Наиболее широко карст развит на Дубровицком, Подольском и Мячковском участках, где карбонатные породы близко подходят к поверхности и перекрывающие их рыхлые отложения в значительной мере размыты. Близ селений Дубровицы, Тураево, Верхнее Мячково и Сельцо встречаются воронки до 70 м в диаметре и 15 м глубиной. Многие из них заняты водой. В 4 км к северу от Верхнего Мячкова протекает карстовая речка Подсобна, которая в 0,3 км от устья исчезает в воронке. В толще карбонатных пород Подольского известнякового карьера, на уровне надпойменных террас р. Пахры, отмечаются крупные (до 2 м в поперечнике) карстовые полости, каверны и пласти доломитовой муки мощностью до 0,5 м. Карстовые полости выявлены также в известняках верхнего карбона при проходке Московского метрополитена. Одна из них, имеющая вид наклонного туннеля, достигала 14 м длины, 1,8 м ширины и 0,9 м высоты.

Пахринско-Окский карстовый район расположен между реками Нара, Пахра, Москва и Ока. Лучше всего карст изучен на Константиновском, Ямском, Никитском,

Мелиховском, Плещинском, Васильевском, Арнеевском, Лужковском, Озерском, Игнатьевском, Бузуковском и Мещеринском участках, где карстуются известняки и доломиты среднего карбона.

На Константиновском участке, охватывающем правобережье рек Пахры и Москвы, между Константиновом и Чулковом, широко распространены воронки просасывания и провалы, приуроченные в основном к пойме и надпойменным террасам. Особенно высокая плотность карстовых воронок отмечается у с. Малое Юсупово, где на площади 0,2 км<sup>2</sup> выявлено до 70 форм. Здесь же располагается карстовый провал диаметром 15 м и глубиной 4,5 м. Попадаются полуслепые балки, достигающие 50 м длины и 5 м глубины.

На Ямском и Никитском участках встречаются воронки, провалы и пещеры преимущественно антропогенно-карстового происхождения. Особенno интересны пещеры, образовавшиеся на месте выработки камня и представляющие собой сложные системы штолен и забоев. Наиболее крупные из них Сьяновская (длина 17 км), Киселихинская (длина 5 км) и Никитская (длина 4 км). У с. Никитского над подземными выработками известняка, проводившимися более 70 лет назад, образовалась обширная ложбина, осложненная многочисленными провальными воронками. Здесь же во многих местах отмечены древние погребенные карстовые формы.

В среднем течении р. Лопасни (левый приток Оки) выделяются Мелиховский и Плещинский карстовые участки, где на площади около 100 км<sup>2</sup> выявлено более 200 воронок. Они отмечены у селений Крюково, Бабыкино, Мелихово, Дубечино, Легчищево, Новый Быт и Мошонки. Воронки преимущественно небольшие. Наиболее крупные достигают 20 м в диаметре и 7 м глубины. Глубина молодых провалов не превышает 2—3 м. Некоторые провалы расширяются книзу и имеют колокообразную форму. К карстово-эрзационным формам относятся слепые балки до 50 м длины и 5 м глубины. На дне их развиты поноры и воронки.

На Васильевском, Арнеевском и Лужковском карстовых участках, охватывающих левобережье р. Нары (между селениями Пролетарским и Глазово), верховья р. Речмы и долину Оки у Приокско-Террасного заповедника, карстовые формы представлены в основном небольшими



Рис. 12. Речка Пониковка, уходящая под землю

воронками (до 20 м в диаметре и 7 м глубины) и котловинами (до 200 м в диаметре и 4 м глубины). Встречаются исчезающие карстовые речки. Протекающая по территории Приокско-Террасного заповедника р. Пониковка исчезает в поноре на дне крупной карстовой воронки (рис. 12).

На Озерском и Игнатьевском карстовых участках, охватывающих левый берег р. Оки, между г. Озера и д. Молзино, развиты преимущественно провальные воронки и воронки просасывания, достигающие 20 м в диаметре и 12 м глубины. При слиянии воронок образуются ложбины. В русле р. Оки у г. Озера, врезанном в карбонатные породы, отмечаются воронки выщелачивания с понорами, засасывающими речные воды.

Карстовые воронки (диаметр 20 м, глубина 5 м) наблюдаются также на Бузуковском (правобережье р. Коломенки между д. Бузуково и Романовка) и Мещеринском (правобережье р. Северки к югу от Мещерино) карстовых участках. Некоторые из них заполнены водой и представляют собой небольшие округлые озера.

*Заокский карстовый округ* охватывает южную поло-

вину провинции. В его пределах выделяется пять карстовых районов: Упский, Каширский, Тульский, Пронинский и Рязанский.

Наиболее широко карст развит в Тульском районе, где карстуются известняки нижнего карбона, а также известняки и гипсы верхнего девона. Современный карст обусловлен здесь растворением горных пород циркулирующими в их толще подземными водами. Особенно интенсивно карстуются верхнедевонские гипсы, с выщелачиванием которых связано образование на поверхности земли крупных провалов и значительных понижений.

Поверхностный карст представлен преимущественно небольшими провальными воронками. Лишь в отдельных случаях их диаметр составляет 100 м, а глубина 75 м. Наиболее крупная котловина отмечена у с. Ольховки. Ее диаметр 350 м, глубина 30 м. Плотность воронок достигает иногда 50—100 на 1 км<sup>2</sup>. Встречаются молодые провалы, имеющие вид глубоких ям с обрывистыми склонами. Многие воронки заняты водой и представляют собой небольшие озера. Карстовые озера питаются водами восходящих источников. На правом склоне долины Уrvани вытекающие из воронок воды дают начало Дону.

Древний погребенный карст относится к различным эпохам карстообразования. Наиболее древние карстовые воронки приурочены к утинским известнякам. Они выполнены песчаными отложениями, а также бокситами. Такие погребенные формы отмечены, например, на Шенуровском месторождении бокситов, где на площади 0,7 км<sup>2</sup> выявлено шесть отдельных воронок до 150 м в диаметре и 12 м глубины. Несколько погребенных провальных воронок вдоль сбросовой трещины северо-северо-восточного простирания вскрыто в тульских известняках на Липковском месторождении бурых углей. Одна из таких подземных провальных воронок имеет неправильную, вытянутую в широтном направлении форму, с относительно пологими (15—30°) склонами. Ширина ее на уровне угольного пласта 95 м. В современном рельефе эта провальная воронка не выражена.

В Тульском районе карст наиболее интенсивно развит на Скуратовском, Липковском, Дедиловском и Рождественском участках.

В Рязанском карстовом районе в 1946 г. на берегу р. Оки, у с. Троица (примерно в 30 км к юго-востоку

от Рязани), образовалась провальная воронка диаметром около 50 м и глубиной 8 м.

**Северо-Среднерусская карстовая провинция** находится в северной половине Среднерусской возвышенности, в пределах распространения карбонатных пород верхнего девона. В структурном отношении провинция располагается в южной части Московской синеклизы, где она переходит в Воронежскую аптеклизу. Древний кристаллический фундамент постепенно погружается к северу, достигая у северной границы провинции глубины 500 м.

Территория сложена карбонатными породами верхнего девона, которые в центральных частях междуречий перекрыты мощной толщей песчано-глинистых отложений юры и нижнего мела. Карстующиеся девонские образования, выходящие в долинах рек на поверхность, представлены известняками и доломитами с прослойями мергелей и глин (евлановский, елецкий и данково-лебедянский горизонты верхнего девона). В карбонатных отложениях данково-лебедянского горизонта залегают пласты и линзы гипсов. Девонские породы характеризуются спокойным залеганием и лишь в некоторых местах осложнены пологими локальными структурами.

В девонских отложениях прослеживаются две системы тектонических трещин, одна имеет северо-западное направление, а другая — северо-восточное. На палеозойских и мезозойских породах залегают четвертичные лёссовидные покровные суглинки, которые на склонах замещаются сходными по составу и строению делювиальными суглинками. Мощность четвертичных отложений изменяется от 1 до 30 м.

Рельеф — увалисто-холмистый, карстово-эрэзионный. Абсолютная высота поверхности 240—250 м, в верховьях р. Зуши до 293 м. Поверхность сильно расчленена многочисленными долинами, балками и оврагами, на дне и склонах которых распространены карстовые формы. Речные долины врезаны на глубину до 70—120 м, примерно на 50—80 м в толщу девонских карбонатных пород.

Климат — континентальный, с умеренно холодной зимой и умеренно теплым летом. Средняя температура января  $-9^{\circ},5-10^{\circ},5$ , а июля  $18-19^{\circ}$ . Годовое количество осадков составляет в среднем 550—600 мм, причем около 70% их приходится на теплый период. В летнее время часты ливни. Мощность снежного покрова 0,4 м,

запасы воды в снежном покрове к концу зимы достигают 100 мм.

На рассматриваемой территории располагаются верховья Оки и Дона с многочисленными притоками (Зуша, Упа, Непрядва, Вязовка, Красивая Мечка, Сосна, Снова). Все эти реки сравнительно небольшие. Они характеризуются бурным весенним половодьем, низкой летней и зимней меженью.

Основной водоносный горизонт приурочен к девонским породам. Он имеет свободную поверхность и лишь по мере погружения девонских пород воды становятся напорными. Глубина залегания подземных вод составляет 10—30 м и более. Выходы их отмечаются на склонах речных долин и в низовьях балок. Дебит источников изменяется от 0,3 до 30 л/сек. Воды пресные, гидрокарбонатно-кальциевые, сухой остаток не превышает 0,7 г/л. Грунтовые воды имеются также и в верхнеюрских и нижнемеловых отложениях. Они залегают неглубоко от поверхности и характеризуются незначительной минерализацией. Водоносность мезозойских отложений невелика.

Северная половина Среднерусской возвышенности относится к лесостепи. В прошлом здесь обширные пространства злаково-разнотравных степей чередовались с крупными массивами дубовых, березовых и сосновых лесов. Сейчас леса в значительной мере вырублены, а степи почти сплошь распаханы. Почвенный покров представлен в основном выщелоченными черноземами и серыми лесными почвами.

Карстовые образования отмечаются преимущественно в речных долинах и в балках, где рыхлые песчано-глинистые отложения мезо-кайнозойского возраста в значительной мере размыты и девонские карбонатные породы близко подходят к поверхности.

Среди поверхностных карстовых форм преобладают воронки, диаметр которых изменяется от 1 до 100 м, а глубина не превышает 2—7 м. В балках они имеют форму конусов, а на водоразделах — блюдце. Водораздельные блюдца обычно не превышают 20 м в диаметре и 3 м глубины. Средняя плотность воронок около 0,3 на 1 км<sup>2</sup>. На отдельных участках, однако, количество их возрастает до 5—10 на 1 км<sup>2</sup>. В последние десятилетия, в связи с быстрым экономическим развитием района и, в частности, с расширением площадей лесопосадок и

строительством искусственных водоемов, создавших более благоприятные условия для инфильтрации поверхностных вод, отмечается активизация карстовых процессов, что подтверждается увеличением числа карстовых воронок. По наблюдениям Ф. Н. Милькова и А. А. Чибилева (1971) ежегодно на площади 1000 км<sup>2</sup> появляется 1—

2 новые водопоглощающие карстовые воронки. Наряду с воронками развиты котловины, суходолы (реки Плющанка, Ельчик, Кочуры, Лебедянка и др.) и слепые балки (Большие и Малые Вертебя и др.). Котловины достигают 350 м в диаметре и 30 м глубины. На дне и склонах карстовых воронок и котловин встречаются поноры, иногда имеющие вид колодцев глубиной до 2 м.

Подземный карст представлен полостями и кавернами. Особенno сильно закарстованы елецкие доломитизированные известняки. Под толщей песчано-глинистых мезо-кайнозойских отложений выявлены крупные погребенные карстовые формы, образовавшиеся, по-видимому, во время длительного палеомезозойского континентального перерыва.

Северо-Среднерусская карстовая провинция подразделяется на два карстовых округа: Окско-Донской и Задонский, включающих 10 карстовых районов.

*Окско-Донской карстовый округ* охватывает территорию между верховьями рек Оки и Дона. В него входит восемь карстовых районов.

Окско-Неручский карстовый район расположен между Окой, Зушей и Неручью. Наиболее широко поверхностные карстовые формы распространены на Знаменском и Пониковецком карстовых участках. На левом берегу р. Зуши, между селениями Знаменское и Глубки, на площади около 70 км<sup>2</sup> выявлено 28 карстовых воронок, приуроченных к эрозионным формам. На дне и склонах 18 воронок развиты поноры. Пониковецкий карстовый участок находится на правом берегу р. Пониковец. Здесь на площади около 40 км<sup>2</sup> отмечено 22 карстовые воронки, из них 10 имеют водопоглощающие поноры. В некоторых балках найдены молодые провалы.

Упа-Зушский карстовый район занимает северо-западную часть Среднерусской возвышенности, между реками Ока, Зуша, Упа и Плава. Поверхностный карст представлен преимущественно воронками, средняя плотность которых на Акинтьевском, Покровском, Липицком, Кор-

саковском, Спешневском и Игумновском карстовых участках изменяется от 0,4 до 0,7 на 1 км<sup>2</sup>. Особенно широко распространены на Игумновском участке, где на площади около 50 км<sup>2</sup> выявлено 35 карстовых воронок, приуроченных в основном к днищам и склонам балок. Диаметр наиболее крупных воронок — 25 м, глубина — 7 м. Встречаются молодые провалы. Воронки густо заросли снытью обыкновенной и крапивой, из кустарников преобладают ива козья и черемуха.

Доно-Плавский карстовый район размещается между реками Плава, Ситовая и Красивая Мечка, Непрядва и Дон. Среди поверхностных форм наиболее широко развиты воронки на Краснодубровском карстовом участке, где на площади около 110 км<sup>2</sup> их отмечено 64.

Зуша-Соснинский карстовый район охватывает территорию между реками Зуша, Труды, Сосна, Семенек, Красивая и Ситовая Мечка. Карстовые воронки распространены повсеместно, но особенно широко на Барковском, Большоеозерском, Александровском, Судбищенском, Ульяновском и Чернавском карстовых участках, где средняя плотность их изменяется от 0,7 до 1,2 на 1 км<sup>2</sup>. Наиболее интенсивно карст развит на Ульяновском участке, где на площади около 120 км<sup>2</sup> выявлено 140 воронок, приуроченных в основном к днищам балок. Иногда воронки располагаются очень близко друг от друга, разделяясь лишь невысокими перемычками. Воронки иногда достигают 20 м в диаметре и 8 м глубины. На их дне развиты поноры, некоторые заняты водой и представляют собой небольшие озера. Встречаются свежие провалы. К карсто-эрэзионным формам относятся слепые балки. Такая балка длиной около 100 м и глубиной 3—4 м описана на водоразделе рек Сосны и Большой Чернавы, в 9 км к северу от с. Чернава. В ней отмечено шесть карстовых поноров.

Неручь-Кшеньский карстовый район располагается между реками Неручь, Труды и Кшень. Лучше всего карст изучен в северной части района, где выделяется два карстовых участка: Залегошский и Суходольский. На Залегошском участке на площади около 90 км<sup>2</sup> выявлено 45 карстовых воронок. Такая же плотность (0,5 на 1 км<sup>2</sup>) карстовых форм отмечена и на Суходольском участке, между реками Пшевка и Дичня. Воронки сравнительно небольшие, лишь некоторые из них достигают

15 м в диаметре и 5 м глубины. Встречаются свежие провалы.

Доно-Кшеньский карстовый район охватывает территорию между реками Кшень, Сосна, Дон и Большая Верейка. В пределах района выделяется три карстовых участка: Ольшанецкий, Екатериновский и Галичий.

Доно-Семенекский карстовый район охватывает территорию между реками Семенек, Красивая Мечка, Дон и Сосна. Наиболее интенсивно развит карст на Лобановском, Ламском, Троекуровском, Яблоновском, Пальниковском и Воргольском участках.

Доно-Турдейский карстовый район расположен между реками Красивая Мечка, Непрядва и Дон. Карстовые воронки встречаются на всей территории района, однако наиболее широко они распространены на Турдейском, Рязанском и Березовском участках, где средняя плотность воронок составляет 0,6—0,8 на 1 км<sup>2</sup>. На развитие современных карстовых процессов указывают молодые провалы, достигающие обычно глубины 3—4 м.

*Задонский карстовый округ* охватывает левобережье Дона в северной части Среднерусской возвышенности и верховья Воронежа. В пределах округа выделяется два карстовых района: Ряса-Донской и Доно-Воронежский.

В Ряса-Донском районе, между реками Дон, Кузьминка, Воронеж, Иловай, Хунта и Ранова, карст наиболее интенсивно развит на Лебедянском и Докторовском участках. В окрестностях г. Лебедянь выявлено более 30 карстовых воронок. Наиболее крупные из них 22 м в диаметре и 7 м глубиной. На дне отдельных воронок отмечаются поноры. Здесь же на левом берегу карстовой реки Лебедянки, впадающей в Дон ниже г. Лебедянь, располагается небольшой карстово-эрзационный овраг, в верховьях которого имеются карстовые воронки. В крутом обрыве долины Дона у г. Лебедяни находится небольшая пещера, развитая в известняках верхнего девона.

Доно-Воронежский карстовый район охватывает междуречье верховьев Дона и Воронежа. Карст отмечен на Липецком, Морозовском и Лубнинском участках.

**Окско-Клязьминская карстовая провинция** расположена в низовьях Оки и Клязьмы, в пределах северо-западной окраины Приволжской возвышенности и прилегающей к ней с запада части Окско-Донской низменности.

Рассматриваемая территория находится в зоне сочленения юго-восточного склона Московской синеклизы и Токмовского свода Волго-Уральской антеклизы. Кристаллический фундамент, залегающий на глубине 1000—1500 м, перекрыт мощной толщей палеозойских отложений. На западе, в пределах Окского-Цининского вала, на поверхность выходят известняки верхнего карбона. Однако большая часть территории сложена артипскими гипсами и ангидритами, а также казанскими известняками и доломитами. На их размытой поверхности располагаются слоистые водоупорные отложения (глины, песчаники, алевролиты, мергели, известняки и доломиты) татарского яруса. Залегающие выше юрские и меловые песчано-глинистые отложения не имеют сплошного распространения, в связи с чем палеозойские породы часто выходят на поверхность или залегают под маломощными моренными, флювиогляциальными и аллювиальными четвертичными образованиями.

Пермские отложения формируют Алатырский вал, который отделяется от Окского-Цининского вала Пензо-Муромским прогибом. Ось Алатырского вала проходит по линии Первомайск — Арзамас — Дзержинск — Балахна. По мере движения к северу в ядре вала обнажаются все более молодые (от верхнего карбона до верхней перми) породы. Севернее Балахны отмечается переклинальное окончание этой структуры, образование которой началось, по-видимому, в казанский век.

Каменноугольные и пермские породы расчленены тектоническими трещинами северо-западного и северо-восточного простирания, совпадающими с разломами кристаллического фундамента.

Рельеф — выровненный, пологоволнистый, типично эрозионный. Абсолютная высота поверхности 160—180 м (наибольшая 250 м). Характерны прямые морфоструктуры: тектоническим поднятиям соответствуют крупные положительные формы рельефа, а прогибам — обширные придолинные понижения. Во многих местах поверхность сильно расчленена речными долинами, балками и оврагами. Особенно интенсивно образуются овраги на высоких берегах р. Оки, где порой имеют вид ущелий глубиной до 80 м. Широко распространены карстовые формы рельефа, достигающие иногда (Пивоваровский провал) значительных размеров.

Климат — умеренно континентальный. Зима — нехолодная, снежная: средняя температура января составляет  $-11$ ,  $-12^{\circ}$ ; высота снежного покрова  $0,4$ — $0,5$  м. Лето — довольно теплое и влажное: средняя температура июля увеличивается к юго-востоку от  $18$  до  $20^{\circ}$ ; годовое количество осадков изменяется от  $450$  до  $600$  мм, причем большая часть их приходится на теплый период.

К крупным рекам относятся Ока и Клязьма, а также Мокша, Цна, Теша, Сережа, Пьяна, Кудьма, Гусь, Унжа, Ушна, Судогда, Сувороць, Нерль, Уводь, Теза и Лух. Все они характеризуются высоким весенним половодьем и низкой летней и зимней меженью. Озер немного, причем обычно они небольшие. Карстовые озера характеризуются в основном округлой или овальной формой, берега их нередко обрывисты. К крупным карстовым озерам относятся Пырское (длина около  $3000$  м), Святое ( $2000$  м), Большое ( $1500$  м). Особенно интересно Вадское озеро (длина  $1400$  м, ширина  $500$  м, глубина  $15$  м), со дна которого поднимаются сильные струи воды.

Подземные воды, приуроченные к каменноугольным и пермским отложениям, располагаются преимущественно на значительной ( $10$ — $50$  м и более) глубине. В гипсово-ангидритовой толще нижней перми они приурочены в основном к ее верхней сильно закарстованной части. Причем эти воды часто объединяются с водами трещиноватых казанских карбонатных пород и образуют с ними единый горизонт. Подземные воды разгружаются в долинах рек и на участках локальных поднятий, где отмечаются многочисленные источники. Дебит некоторых из них достигает  $100$  л/сек. Воды гидрокарбонатно-кальциевые и сульфатно-кальциевые, с минерализацией  $500$ — $2000$  мг/л. Значительная минерализация свойственна не только водам нижнепермских сульфатных отложений, но и подземным напорным водам, циркулирующим в казанских карбонатных породах, нередко сильно насыщенных гипсом.

На рассматриваемой территории распространены дерново-подзолистые и серые лесные почвы, формирующиеся под хвойно-широколиственными и широколиственными лесами. В настоящее время леса в значительной мере вырублены и заменены пашней. На востоке развиты оподзоленные черноземы, сформировавшиеся под злаково-разнотравными степями. Аллювиально-зандровые равнины на юге заняты дерново-слабоподзолистыми супесчаными

почвами, на которых произрастают сосновые боры с примесью широколиственных пород.

Карстуются гипсы и ангидриты нижней перми, а также известняки и доломиты верхнекаменноугольного и верхнепермского возраста. В западной части провинции карст развивается в известняках и доломитах среднего и верхнего карбона, которые участвуют в строении Окско-Цининского вала. На остальной территории он приурочен к сульфатным, сульфатно-карбонатным и карбонатным породам перми, слагающим Алатырский вал (Алатырско-Горьковские поднятия).

Карст представлен воронками, блюдцами, котловинами и суходолами. Особенно широко распространены воронки, плотность которых составляет иногда 150—200 на 1 км<sup>2</sup>. Наиболее крупные достигают 200 м в диаметре и 30 м глубины. При слиянии карстовых воронок образуются котловины до 1300 м длины, 400 м ширины и 30 м глубины. Особое положение занимает обширная (площадью до 30 км<sup>2</sup>) Ворсминская карстово-эрзационная котловина глубиной 50 м. Многие воронки и котловины заполнены водой и представляют собой озера иногда значительных размеров (Великое, Святое, Чарское). На участках, где реки не имеют поверхностного водотока, распространены суходолы. К исчезающим рекам относятся Кишма, Черная, Ключик, Кузома, Салакса, Нукус, Вадок, Ватьма, Кевса, Ежать, Аратка, Вильза и др. Некоторые реки в верховьях не имеют сплошного русла и представляют собой цепь карстовых воронок. Интересна в этом отношении р. Алатырь, которая к востоку от Первомайска состоит из соединившихся между собой отдельных впадин и провалов, причем в некоторых местах водное зеркало реки распадается на обособленные участки.

Широко развит древний подземный карст. В казанских известняках и доломитах он представлен кавернами и полостями высотой до 3 м и длиной 30 м. Полости чаще всего выполнены обломками пород татарского яруса и продуктами разрушения казанских отложений. Наиболее интенсивно казанские карбонатные породы закарстованы на контакте с гипсово-ангидритовой толщей. В некоторых местах они полностью разрушены и превращены в щебень и доломитовую муку. Залегающие над карстовыми полостями горные породы нередко разбиты на глыбы и раздроблены. Это способствует проникновению природ-

ных вод в глубь массива и еще большему усилению карстовых процессов. Особенно сильно закарстована верхняя часть (до глубины 20—25 м) гипсово-ангидритовой толщи, где буровыми скважинами выявлены крупные полости и пещеры, приуроченные к зонам повышенной трещиноватости. Карстовые полости выполнены преимущественно обломочным материалом. В толще гипсово-ангидритовых пород, которая в целом является относительно монолитной, встречаются небольшие (0,5—5 см), редкие каверны, связанные с мелкими трещинами. Подземные карстовые каверны и полости отмечены также в каменноугольных породах, где они выполнены кальцитом, обломками обрушившихся пород и доломитовой мукой. Местами карбонатные породы сильно разрушены. В окрестностях г. Коврова шурфами среди каменноугольных пород вскрыта толща доломитовой муки мощностью до 10 м.

Окско-Клязьминская карстовая провинция подразделяется на три карстовых округа: Окско-Цнинский, Клязьминский и Нижнеокский. Карстовые округа в свою очередь состоят из 11 карстовых районов.

*Окско-Цнинский карстовый округ* охватывает территорию Окско-Цнинского вала. В округ входят четыре карстовых района: Цнинский, Гусь-Ушнинский, Судогдинский и Уводьский.

Цнинский карстовый район занимает южную часть Окско-Цнинского вала на правобережье Оки. Карст наиболее широко распространен на Нестеровском и Николаевском участках.

Гусь-Ушнинский карстовый район располагается в южной части Окско-Цнинского вала, между реками Гусь, Ока и Ушна. Карст наиболее широко развит на Арсамакском, Лесниковском и Губинском участках.

Судогдинский карстовый район занимает среднюю часть Окско-Цнинского вала, между реками Ушна и Клязьма. Карстуются известняки и доломиты верхнего карбона, нижней и верхней перми. Наиболее интенсивно карст развит на Анохинском, Пивоваровском, Шустовском и Санниковском участках.

Буровыми скважинами почти повсюду выявлены крупные карстовые полости и воронкообразные понижения, выполненные преимущественно песчано-глинистым материалом. Встречается доломитовая мука (мощностью до 10 м).

Уводьский карстовый район располагается в северной части Окско-Цнинского вала, между реками Нерль, Клязьма и Теза. Карстуются карбонатные и сульфатные породы верхнекаменноугольного и пермского возраста. Наиболее широко карст развит на Писчихинском, Архиповском, Боняковском и Михалевском участках.

*Клязьминский карстовый округ* располагается преимущественно в низовьях р. Клязьмы. В его пределах выделяется три карстовых района: Лухский, Балахнинский и Сувороцкий.

Лухский карстовый район охватывает в основном бассейн р. Лух. Карст наиболее интенсивно развит на Клестовском участке. Большое количество воронок встречается у селений Клестово, Ламна, Крапивново, Легково, Груздево и Филюшино. Наиболее крупные воронки достигают 90 м в диаметре и 12 м глубины (в 3 км к юго-западу от Груздево). Попадаются молодые провалы. Многие воронки и котловины заполнены водой. Среди карстовых озер выделяется Богоявленское (длина 2,5 км, ширина 1,8 км, глубина 9 м), Рябовское (длина 0,7 км, ширина 0,35 км, глубина 22 м), Клещинское (диаметр 0,25 км, глубина 35 м), Ростокинское (диаметр 0,2 км, глубина 11 м) и Святое (диаметр 0,12 км, глубина 10 м).

Балахнинский карстовый район охватывает в основном Балахнинскую низменность, характеризующуюся слаборасчлененным рельефом, значительной залесенностью территории и распространением преимущественно песчаных отложений. Карст отмечен на Бабинском и Решетихинском участках, где он развивается в сульфатных и карбонатных породах пермского возраста.

В Сувороцком районе карст выявлен на Фоминском, Кожинском, Быкасовском, Лосевском, Щепачихинском и Тумботинском участках. Особенно активен он на Фоминском участке, где у селений Растигино, Сельцо, Починки и Просье описаны карстовые воронки и блюдца до 40 м в диаметре и 6 м глубины. Встречаются молодые провалы иногда значительных размеров. В июле 1972 г. на месте жилого дома в Растигино образовался карстовый провал (рис. 13). Диаметр его равнялся 21 м, а глубина 3 м. Вдоль южного склона провала четко прослеживались концентрические трещины. Встречаются крупные котловины. Такая котловина отмечена, например, в 2 км к западу от пос. Тумботино. Длина ее 600 м, ширина



Рис. 13. Карстовый провал, образовавшийся в с. Растригино

500 м и глубина 18 м. Дно и склоны котловины осложнены многочисленными воронками.

*Нижнеокский карстовый округ* располагается в пределах Алатырского вала (Алатырско-Горьковские поднятия). Округ делится на четыре карстовых района: Сережа-Окский, Тешский, Мокша-Алатырский и Пьянский.

Сережа-Окский карстовый район занимает междуречье Сережи и Оки. Карст весьма интенсивен особенно на Александровском, Дедовском и Пантелеевском участках.

Александровский карстовый участок охватывает правобережье р. Оки в низовьях Большой Кутры. Здесь у с. Болотниково располагается сложная карстовая котловина 1300 м длиной, 400 м шириной и 20—30 м глубиной. Дно и борта ее изрыты небольшими воронками. От котловины на запад—северо-запад, в сторону Оки, на расстоянии 1,5 км тянется цепь из восьми громадных воронок 200—250 м длиной, 100—150 м шириной и 25—30 м глубиной. Борта их крутые, часто заросшие мелким лесом. Небольшие карстовые воронки отмечены между селениями Базарово и Александрово, а также к югу и юго-востоку от Болотниково.

Дедовский карстовый участок охватывает правый бе-

рек р. Теши, близ ее устья. В окрестностях Дедова множество карстовых воронок, котловин, блюдец и логов. Наиболее крупные воронки достигают 50—60 м в диаметре и 12 м глубины. Многие из них густо заросли древесно-кустарниковой растительностью. Карстовые формы тянутся от Дедова до Коробкова. Среди соснового леса, на плоской низкой террасе р. Теши, расположено Святое озеро с заливами, полуостровами и островами. Длина озера 2 км, ширина 1 км, глубина 20 м. Котловина озера — несомненно карстового происхождения. На северном и западном его берегах масса карстовых воронок диаметром 16 м и глубиной 8 м.

Пантелейевский карстовый участок располагается на правобережье р. Кишмы (правый приток Оки), между селениями Теряево и Грудцино. Большую часть участка занимает обширная (до 30 км<sup>2</sup>) Ворсминская карстово-эррозионная котловина глубиной 40—50 м. В ее пределах широко распространены карстовые воронки до 40 м в диаметре и 20 м глубины. Встречаются свежие провалы. Особенно густая сеть глубоких (до 30 м) карстовых провалов наблюдается по краям котловины у селений Солнцево, Булдырево, Грудцино и Меняшево, где плотность воронок достигает 200 на 1 км<sup>2</sup>. Многие воронки заполнены водой. К крупным карстовым озерам относятся Тосканка и Ключик.

Карст отмечен также на Монаковском, Зеленцовском, Старопустынском, Шарголинском, Давыдовском, Комаровском и Таркском участках, где широко распространены воронки, блюдца, котловины и лога. В обрывистых берегах р. Тарки (у Павлово), сложенных белым гипсом, близ уреза воды имеются небольшие ниши. Многие воронки и котловины заняты водой и превращены в озера. К крупным озерам относятся Великое, Глубокое, Паровое, Святое, Родионово, Рой и др. На многих реках, особенно в их верховьях, постоянный водоток в летнее время отсутствует. Речка Модан полностью поглощается понорами, развитыми в казанских известняках, причем ее подземное течение выявляется цепочкой сухих неглубоких ложбин.

Тешский карстовый район занимает среднюю часть Алатырского вала. Наиболее интенсивно карст развит на Никольском, Мухоловском, Венецком, Бобровском и Славицком участках.

Никольский карстовый участок охватывает верхнее течение р. Коваксы. Карстовые воронки распространены у селений Никольское, Пиявочное и Ковакса, где средняя плотность их превышает 10 на 1 км<sup>2</sup>. Самые крупные воронки имеют диаметр 100 м и глубину 15 м. Встречаются свежие провалы. Такой провал с обрывистыми склонами образовался весной 1972 г. у Каменного Ключа (близ с. Ковакса). Диаметр его 14 м, а глубина 7 м. Многие воронки и котловины заполнены водой.

Мухтоловский карстовый участок располагается между станциями Мухтолово и Балахониха. Преобладают крупные карстовые воронки и блодца провального происхождения. Один из провалов, образовавшийся в 1932 г. восточнее Мухтолово, достигает 100 м в диаметре и 25 м глубины. Средняя плотность воронок в окрестностях Мухтолово составляет 50 м на 1 км<sup>2</sup>. При слиянии карстовых воронок образуются котловины (до 200 м длиной и 12 м глубиной) и лога. К западу от Мухтолово находится карстовое озеро Карасны, имеющее сложную лопастную форму. Длина его около 150 м. В некоторые годы озеро полностью пересыхает. Отмечены значительные подземные полости. Так, при разработке гипсов Балахонихского месторождения выявлена подземная полость 1,2 м высоты, 0,6 м ширины и до 15 м длины.

Крупные провальные воронки обнаружены также на Венецком карстовом участке. В 5 км к северо-западу от с. Венец, возле оз. Пешнее, расположен огромный карстовый провал, возникший в 1957 г. Диаметр его около 80 м, а глубина 27 м. Объем пород, обрушившихся в воронку, составил 57 000 м<sup>3</sup>. Борта провала обрывисты, на дне его находится небольшое (25x35 м) озерко. Другой провал, образовавшийся в окрестностях с. Венец в 1954 г., имеет диаметр 15 м. Сейчас он занят водой и представляет собой озеро.

Бобровский карстовый участок охватывает верхнее течение р. Салаксы (левый приток р. Сережи). Здесь широко распространены карстовые воронки и котловины. Интересны слепые балки, представляющие собой цепь соединившихся карстовых провалов глубиной до 30 м. Такая слепая балка отмечена, в частности, на водоразделе Салаксы и Сережи, у д. Бобровки. Река Салакса ниже д. Вилейки в меженное время почти полностью пересыхает. В 1 км севернее Бобровки выходит мощный карсто-

вый источник с дебитом более 100 л/сек. Здесь же буро-выми скважинами выявлены древние погребенные карстовые образования, выполненные песчано-глинистыми отложениями.

Салавирьский карстовый участок охватывает междуречье Сережи и Салаксы. Современные карстовые процессы весьма интенсивны. Среди поверхностных форм выделяются воронки, блюдца, котловины и суходолы. Плотность карстовых воронок в некоторых местах достигает 40—50 на 1 км<sup>2</sup>. Воронки преимущественно небольшие, до 25 м в диаметре и 12 м глубины. Преобладают воронки конической формы. Встречаются молодые провалы. В результате слияния воронок образуются карстовые котловины. Одна из них, имеющая эллиптическую форму, достигает 550 м длины, 150 м ширины и 20 м глубины. Некоторые воронки и котловины заполнены водой. К крупным карстовым озерам относится оз. Боброво длиной 500 м. В долинах рек отмечаются карстовые источники. Особен-но многочисленны они на крутом правом берегу Салаксы, близ Бобровки.

Карст развит также на Новоусадском, Селемском, Наумовском, Чарском и Валтовском участках, где широко распространены карстовые провалы и котловины, нередко залитые водой. К крупным карстовым озерам относятся Большое (1500x800 м), Кучкинское (900x400 м), Чарское (800x500 м) и Сарское (450x200 м), глубина которых достигает 25 м. Больше всего карстовых воронок диаметром до 50 м и глубиной до 17 м отмечено у пос. Чернуха.

Мокша-Алатырский карстовый район занимает южную часть Алатырского вала. Карстуются верхнедевонские, каменноугольные и пермские известняки и доломиты. Наиболее интенсивно карст развит на Первомайском участке, где в долине р. Умач (левый приток Алатыря) встречаются карстовые воронки и котловины диаметром до 100 м и глубиной до 18 м. На дне многих воронок отмечены крупные водопоглощающие поноры. К северу от Первомайска располагается карстовый овраг «Прорва» длиной около 700 м, шириной 80 м и глубиной 15 м. Он образовался в результате слияния карстовых воронок.

Пьянский карстовый район охватывает междуречье Теши, Пьяны и Межпьянье. Карстовые процессы характеризуются высокой интенсивностью, особенно на Бе-

бяевском, Борнуковском, Ичалковском, Пелекшевском и Вадском участках.

Бебяевский карстовый участок расположен на правом берегу р. Теши, к югу от г. Арзамаса. Здесь у селений Бебяево, Новоселки и Селищи близко к поверхности подходят гипсы и ангидриты нижней перми, которые разрабатываются шахтным способом. Широко распространены провальные воронки. В гипсовой толще штолнями вскрыты крупные подземные полости и пещеры высотой до 7 м.

Борнуковский карстовый участок расположен на правом берегу р. Пьяны, около с. Борнуково. Карст представлен в основном воронками и блюдцами. Особенno интересна Борнуковская пещера, близ которой проводится разработка гипса. Общая длина пещеры около 200 м. Она состоит из шести гротов, соединенных узкими проходами. Длина первого грота 95 м, второго — 30 м, третьего — 25 м, а высота их до 10 м. В пониженной дальней части первого грота находится небольшое озеро с кристально чистой холодной водой. В 1958 г. в результате взрыва, проведенного в гипсовом карьере, вход в Борнуковскую пещеру был засыпан, при этом открылся доступ в две другие полости длиной 200 и 60 м.

Ичалковский карстовый участок расположен на правом берегу р. Пьяны, в пределах так называемого Ичалковского бора, где кроме сосны встречаются липа, дуб, береза, осина, вяз и клен, а в подлеске растут крушина, черемуха, смородина и жимолость. Карстуются известняки и доломиты казанского яруса верхней перми.

Ичалковский бор отличается широким распространением карстовых образований, представленных воронками, котловинами и пещерами. Здесь на площади около 10 км<sup>2</sup> выявлено более 1000 карстовых воронок диаметром до 50—60 м и глубиной 15—20 м. Особое положение занимает Кулева Яма, имеющая овальную форму. Длина ее 200 м, ширина 180 м и глубина 25 м. Слоны карстовых провалов крутые, иногда обрывистые с острыми выступами породы. Дно неровное, усеянное огромными глыбами камней, часто занято небольшими озерами. Воронки нередко отделяются друг от друга узкими перешейками шириной 2—3 м. Местами провальные воронки, соединяясь, образуют большие карстовые лога, протяженностью до 1,5 км и более. На обрывистых склонах некоторых

провалов расположены входы в пещеры, развитые в доломитах казанского яруса. Среди них выделяются Теплая, Холодная, Звериная, Наклонная и Тесная, имеющие преимущественно мешкообразную форму. Пещеры небольшие, наиболее крупные из них Теплая и Холодная достигают длины 25—27 м, ширины 8—12 м и высоты 10—12 м. Особенно интересна Холодная пещера, состоящая из двух гротов. Дно второго ( дальнего) грота, имеющего длину 15 м, ширину 12 м и высоту 8 м, покрыто льдом, а стены и потолок — толстым слоем инея.

Пелекшевский карстовый участок размещается на левом берегу р. Пьяны, между деревнями Гари и Пелекшево. Так, у д. Шадрине на площади около  $600\text{ m}^2$  выявлено более 60 карстовых воронок. Наиболее крупные из них достигают 25 м в диаметре и 18 м глубины. Многие провальные воронки заполнены водой. Особенно интересно оз. Шмары в 1,5 км к востоку от Полян, на водоразделе речек Умайки и Кевсы. Оно представляет собой цепочку соединившихся провальных воронок, тянущихся на 0,5 км с юго-запада на северо-восток. Глубина озера 7 м. На берегу его много небольших воронкообразных ям, нередко заполненных водой. Притоки Пьяны Умайка и Кевса, русло которых врезано в сильно закарстованные карбонатные породы верхней перми, в летнее время полностью пересыхают и образуют суходолы. У д. Пелекшево значительный карстовый источник питает оз. Инява, из которого вытекает река, впадающая в Пьяну.

Вадский карстовый участок расположен на левом берегу Пьяны, между деревнями Мордовская и Вазьян. Наиболее широко карст развит у деревень Мордовская, Вад, Вазьян и с. Стрелка, где он представлен провальными воронками, суходолами и понорами. В окрестностях Стрелки на площади  $0,06\text{ km}^2$  отмечено более 30 провальных воронок до 12 м в диаметре и 8 м глубины. Повсюду встречаются свежие провалы. Среди карстовых озер выделяется Вадское, расположенное в долине р. Вадок. Длина его 1,4 км, ширина 0,5 км и глубина 15 м. В центральной части озера имеются две воронки, со дна которых поднимаются сильные струи воды. Здесь же выявлена подводная карстовая пещера длиной до 20 м. Дно ее застремождено крупными глыбами породы. На берегах Вадского озера, особенно на северном, более высоком и кру-

том, развиты провальные воронки, иногда заполненные водой.

Через Вадское озеро течет р. Вадок, являющаяся левым притоком Пьяны. В верхнем течении она достаточно полноводна, в среднем (перед впадением в Вадское озеро), где сильно развиты карстовые провалы, течет небольшим ручейком. Из Вадского озера Вадок вытекает многоводной рекой. В Вадское озеро впадает также р. Ватьма, русло которой, сложенное закарстованными известняками казанского яруса, в летнее время почти на всем протяжении остается сухим; вода сохраняется лишь в нескольких глубоких провальных воронках.

Карст широко распространен также на Пасьиновском, Вечкусовском, Воронцовском, Якшеньском, Анненковском и Каменищинском участках, где отмечаются крупные карстовые воронки и котловины. Среди них выделяется провал у с. Каменищи диаметром 200 м и глубиной более 10 м. Местами воронки весьма близко расположены одна от другой. Многие воронки заняты водой и представляют собой небольшие озера.

## ТИМАНО-ПЕЧОРСКАЯ КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ

Тимано-Печорская карстовая область расположена на крайнем северо-востоке Русской равнины, в пределах Тиманского кряжа и Печорской низменности. Она подразделяется на две карстовые провинции: Тиманскую и Печорскую.

**Тиманская карстовая провинция** охватывает Тиманский кряж, протянувшийся от Полюдова кряжа (Урал) на юго-востоке до Индигской губы на северо-западе.

В центральной части Тимана располагается крупное поднятие, сложенное сильно дислоцированными и метаморфизованными рифейскими породами, которое с северо-востока и юго-запада ограничено обширными депрессиями, выполненными карбонатными и песчано-глинистыми отложениями среднего и верхнего палеозоя.

Тиман представляет собой прямую морфоструктуру, поскольку связан с выступом кристаллического фундамента Русской равнины. Поверхность его сильно выровнена и сглажена, преобладает грядово-холмистый значительно расчлененный рельеф. Наибольшими высотами характеризуется Средний Тиман, где поднимается Четлас-

ский Камень (487 м), представляющий собой продолжение Косминского Камня. Это — самая высокая часть Тимана. На Южном Тимане располагаются возвышенности Пот-Чурк (324 м) и Джеджим-Парма (312 м).

Климат — холодный. Зима — продолжительная и многоснежная, средняя температура января изменяется от  $-14$  до  $-17^{\circ}$ . На севере отепляющее влияние на климат оказывает Баренцево море и мощный вынос теплого воздуха вдоль Исландской циклонической ложбины. Высота снежного покрова составляет  $0,5$ — $0,8$  м, а продолжительность его залегания  $190$ — $210$  дней. Для лета характерна пасмурная погода, нередко с продолжительными дождями. Средняя температура июля увеличивается к югу от  $9$  до  $16^{\circ}$ . В течение года выпадает  $400$ — $550$  мм осадков, причем  $300$ — $350$  мм приходится на теплое время.

Речная сеть Тимана представлена верховьями Мезени, Вычегды, Выми, Пижмы и их многочисленными притоками. Густота речной сети составляет  $0,6$ — $1,0$  км/км $^2$ . Средние многолетние модули стока  $9$ — $12$  л/сек-км $^2$ . Реки преимущественно снегового питания ( $45$ — $50\%$ ). Дождевое питание составляет около  $25\%$ , а грунтовое  $25$ — $30\%$ . Широко распространены озера.

Тиман, кроме северной части, покрыт среднетаежными и северотаежными еловыми и елово-пихтовыми лесами, под которыми формируются подзолистые и подзолисто-глеевые почвы. В виде примеси в этих лесах встречаются лиственница и кедр, которые иногда образуют чистые насаждения. Хвойные леса чередуются с различными по величине массивами березовых и березово-осиновых лесов. На Северном Тимане располагается лесотундра и тундра.

На Тимане карстуются карбонатные и сульфатные породы девона, карбона и перми, а также мраморизованные карбонатные породы рифейского возраста. Карстовые процессы на Тимане довольно интенсивны, особенно на участках распространения сульфатных пород.

Карстовые формы представлены воронками, котловинами, суходолами, пещерами и полостями. Диаметр воронок обычно не превышает  $10$ — $15$  м, а глубина  $5$ — $7$  м, лишь некоторые из них достигают  $100$  м в поперечнике и  $20$  м глубины. Средняя плотность их на отдельных участках составляет  $10$  на  $1$  км $^2$ . Воронки часто заполнены водой и представляют собой озера. Широко рас-

пространены карстовые источники. Древние подземные карстовые полости вскрыты скважинами на глубине до 800 м от поверхности.

Тиманская карстовая провинция подразделяется на два карстовых округа: Северо-Тиманский и Южно-Тиманский и восемь карстовых районов. Граница между округами проходит по рекам Вымь и Черная Кедва.

*Северо-Тиманский карстовый округ* занимает северную половину Тиманского кряжа. В его пределах выделяются четыре карстовых района: Индигский, Мыльский, Мезенский и Пижмский.

В Индигском карстовом районе карстуются известняки карбона и нижней перми. Известняки сильно трещиноваты. Ширина трещин до 20 см. На междуречье Индиги и ее левого притока Белой отмечены группы небольших карстовых воронок. Здесь же встречаются многочисленные карстовые источники.

В Мыльском карстовом районе особенно широко развит карст на Нижнемыльском участке, где отмечены воронки до 20 м в диаметре и 5 м глубины. Карстовые воронки глубиной до 10 м, многие из которых залиты водой, значительно распространены также вдоль контакта каменноугольных карбонатных пород с терригенными отложениями девона и триаса, хотя ровная поверхность Каменноугольной гряды практически лишена карстовых образований.

Мезенский карстовый район охватывает междуречье верховьев Мезени и Выми. Карстовые формы в известняково-доломитовых породах карбона и перми наблюдаются в долинах Мезени, Елвы, Косью и Ворыкве. Воронки достигают 20 м в диаметре и 20—30 м глубины. Отмечены молодые провалы.

Пижмский карстовый район охватывает междуречье Выми и Пижмы. Карстовые формы наиболее часто встречаются в бассейне Печорской Пижмы, Светлой и в верховьях Нерицы. Они представлены воронками, провалами и суходолами. Воронки достигают 20 м в диаметре и 8 м глубины. При слиянии воронок образуются котловины и овраги. В верховьях р. Тыд отмечены карстовые озера до 400 м длиной и 150 м шириной. Встречаются суходолы. Интересна р. Ворыква, которая в верховьях на протяжении 10 км течет под землей. По долинам рек распространены карстовые источники с дебитом до 0,5 л/сек.

*Южно-Тиманский карстовый округ* располагается в южной половине Тиманского кряжа. В его пределах выделяются четыре карстовых района: Веслянский, Ухтинский, Верхневычегодский и Пильва-Ельский.

В Веслянском районе карстовые формы наблюдаются в среднем течении рек Коин и Весляны, в бассейне Иоссер и Роичи и в верховьях Нившеры. Они представлены небольшими воронками и суходолами.

Ухтинский карстовый район находится между реками Седью и Вымь. Карст широко распространен в карбонатных и сульфатных породах девонского и каменноугольного возраста в бассейне Ухты, в верховьях рек Тобысь, Белая Кедва и Чуть. Особенно много воронок на террасах долины р. Ухты. На левобережье р. Седью и на р. Эшмес встречаются небольшие пещеры.

В Верхневычегодском карстовом районе распространены преимущественно воронки диаметром до 20—50 м и глубиной 3—8 м. В верховьях р. Нем, где карстуются сульфатные породы нижней перми, отмечаются воронки до 150 м в поперечнике и 10 м глубиной (плотность их местами 10 п более на 1 км<sup>2</sup>). На междуречье Ижмы и Нем много карстовых озер. При слиянии карстовых воронок образуются обширные котловины иногда длиной 400 м (долина Лонью, долина Сойвы). Развиты суходолы. В долинах рек наблюдаются выходы карстовых источников. Наиболее крупный из них Валганель в долине Сойвы имеет дебит 100 л/сек. Выявлены крупные карстово-эрзационные долины, расчленяющие поверхность на обособленные останцы. Ширина днищ карстово-эрзационных долин изменяется от 0,2 до 2 км, высота их склонов составляет 12—15 м, а крутизна — 8—12°.

Пильва-Ельский карстовый район располагается в южной части Тимана. В его пределах выделяются два карстовых участка: Джурический и Ксенофонтовский. На Ксенофонтовском участке карст развивается в гипсах и известняках нижней перми, которые участвуют в строении Ксенофонтовско-Колвинского вала. Наиболее широко представлены воронки, блюдца и котловины. Карстовые котловины достигают 1 км в поперечнике. На левом берегу р. Пильвы, в 6 км к северо-востоку от д. Кубари, находится большое провальное озеро.

**Печорская карстовая провинция** занимает Печорскую низменность между Тиманом и Уралом.

В структурном отношении Печорская низменность представляет собой синеклизу эпиконтинентальной платформы, рифейский фундамент которой погружен на большую глубину. На фундаменте несогласно залегают карбонатные и терригенные породы девонского, каменноугольного и пермского возраста, мощность которых измеряется несколькими километрами. Сверху палеозойские породы местами перекрыты отложениями юры и мела платформенного характера, которые в свою очередь перекрывают мощным (до 150 км) покровом четвертичных морских и ледниковых образований.

Рельеф провинции — преимущественно равнинный, в некоторых местах — слабохолмистый, иногда увалистый. Территория имеет общий наклон к северу. Для рельефа характерно чередование возвышенностей ледникового происхождения с понижениями, переходящими иногда в плоские, обычно заболоченные низины. Среди возвышенностей выделяются Тобышская (217 м), Сосьвинский Мусюр (152 м), Синдзеб-Мусюр (184 м), Вангурей-Мусюр (253 м) и Еней-Мусюр (215 м), которые характеризуются выровненными слегка всхолмленными поверхностями и пологими склонами. Иное происхождение имеют кряж Чернышева и гряда Чернова, расположенные на северо-востоке низменности и представляющие собой типично платформенные структуры, ограничивающие с запада Предуральский краевой прогиб. Речные долины крупных рек Печорской низменности отличаются значительной шириной. На их склонах развито 6—7 надпойменных террас. Долины небольших рек обычно узкие, глубокие, с довольно крутыми склонами.

Климат Печорской низменности холодный. Основную роль в формировании климата играет циклопическая деятельность в холодную часть года и процесс трансформации (прогревание, увлажнение) — летом. Большое влияние на погодные условия оказывает Урал, который задерживает приходящие с запада циклопические системы, что приводит к увеличению осадков и дней с пасмурной погодой.

Зима — суровая, продолжительная и многоснежная; лето короткое и прохладное. Средняя температура января  $-16$ ,  $-20^{\circ}$ , а июля  $10$ — $16^{\circ}$ . В течение года выпадает 350—550 мм осадков, причем около 250—350 мм приходится на теплое время года. Высота снежного покрова

составляет 0,4—0,8 м, а продолжительность его залегания — 200—220 дней.

В тундре широко распространена вечная мерзлота. Общая мощность мерзлого грунта изменяется в среднем от 20 м на западе до 80 м на востоке, достигая в некоторых местах 200 м. В южных районах тундры мерзлота носит островной характер. Глубина летнего оттаивания мерзлого слоя определяется гидрогеологическими особенностями территории и прежде всего механическим составом грунтов. В местах развития песчаных отложений мерзлота находится на глубине 1,2—1,5 м, суглинистых — 1 — 1,2 м. Ближе всего к поверхности (0,5—0,6 м) она отмечается на переувлажненных участках и в районах торфянистых почв, поскольку торф отличается низкой теплопроводностью. С переувлажнением деятельного слоя почвы связаны процессы разжижения грунтов и образование плывунов.

Поверхность низменности дренируется Печорой и ее многочисленными притоками, которые имеют обычно неустойчивое русло и широкие, нередко заболоченные и заросшие поймы. Реки спокойные, полноводные и извилистые. Питание преимущественно снеговое. Много озер, достигающих иногда значительных размеров. Встречаются озера и среди болот.

Растительность представлена северотаежными и среднетаежными еловыми и елово-пихтовыми заболоченными лесами, под которыми формируются глеево-подзолистые и подзолистые иллювиально-гумусовые суглинистые почвы, а в низинах — глеево-торфянистые и торфяные почвы. В придолинных участках и на склонах холмов распространены незаболоченные ельники. В южной части низменности леса менее заболочены. Здесь, наряду с елово-пихтовыми, широко распространены сосновые леса, а местами лиственничники и березняки вторичного происхождения. Сильная выровненность территории обусловила обилие болот. Чаще всего встречаются верховые сфагновые, грядово-мочажинные, а на северо-востоке бугристые болота. Центральные части болот безлесны, а окраины их заняты угнетенными сосновыми и ельниками. Северную часть провинции занимают мохово-лишайниковые, лишайниковые пятнистые, бугристые и кустарниковые тундры, которые приурочены к маломощным почвам, характеризующимся слабой морфологической выраженностью.

Печорская низменность в карстологическом отношении исследована крайне слабо. Карстуются силурийские, девонские, каменноугольные и пермские известняки и доломиты. Среди поверхностных форм преобладают воронки и суходолы. Подземные формы представлены пещерами и полостями, развитыми иногда на значительной глубине.

Печорская карстовая провинция, расположенная на крайнем северо-востоке Русской равнины, подразделяется на два карстовых округа и четыре карстовых района.

В Западно-Печорском карстовом округе два карстовых района: Сойвинский и Кожвинский. Из них лучше исследован Сойвинский, на юго-западе Печорской низменности. Карст, представленный здесь воронками и суходолами, наиболее широко распространен в верхнем течении р. Небель и в среднем течении р. Северная Мылва (близ устья р. Расью). На р. Сойве, ниже устья ее притока Нижняя Омра, отмечаются пещеры.

Восточно-Печорский карстовый округ занимает восточную и северную части Печорской низменности, включая два карстовых района: Чернышевский и Черновский.

Чернышевский карстовый район территориально совпадает с кряжем Чернышева. Карстуются силурийские, девонские, каменноугольные и пермские известняки и доломиты. Среди поверхностных форм преобладают воронки и суходолы. Воронки достигают 15 м в диаметре и 8 м глубины, в южной части района отмечены воронки до 50 м в диаметре и до 10 м глубины. Часто воронки заполнены водой и образуют небольшие озера. В долинах рек встречаются карстовые источники с дебитом до 30 л/мин.

Черновский карстовый район охватывает поднятие Чернова. Здесь карстуются известняки и доломиты силура, девона и карбона. Карст представлен каррами, воронками, понорами, рвами и пещерами. Воронки обычно по превышают 10 м в диаметре и 3 м глубины, а рвы — 15 м длины, 1,5 м ширины и 5 м глубины. Пещеры небольшие.

## **СРЕДНЕВОЛЖСКО-КАМСКАЯ КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ**

Средневолжско-Камская карстовая область находится между Волгой и Уралом, охватывая преимущественно бассейн р. Камы. В нее входят четыре карстовые провин-

ции: Средневолжская, Жигулевско-Бугульминская, Уфимско-Камская и Дема-Уфимская.

**Средневолжская карстовая провинция** занимает Вятский увал, северо-восточную часть Приволжской возвышенности и низовья р. Камы.

Природные условия. Средневолжская карстовая провинция размещается в пределах Волго-Уральской антеклизы. Кристаллический фундамент залегает на глубине 1700—2000 м. Западная часть провинции соответствует Чебоксарскому тектоническому прогибу, а восточная — плакантиклинали Вятского увала. Наибольшее распространение имеют пермские известняки, доломиты, гипсы, ангидриты, мергели, песчаники, сланцы, глины и конгломераты. Палеозойские породы перекрыты маломощным покровом четвертичных суглинков. На севере провинции, вдоль р. Вятки, протягивается зандровая равнина.

Пермские образования расчленены тектоническими трещинами северо-западного и северо-восточного простирания, что определяет их значительную закарстованность.

Рельеф — равнинный, значительно расчлененный, особенно в придолинных частях. Равнинность несколько нарушается меридионально вытянутым Вятским увалом, достигающим абсолютной высоты 284 м. Широко распространены карстовые формы рельефа, а на террасах рек и зандровых равнинах передки эоловые формы.

Климат — континентальный с холодной снежной зимой и умеренно теплым и влажным летом. Средняя температура января —14°, а июля 18°. Годовое количество осадков составляет 500—600 мм. Высота снежного покрова 0,5 м, а продолжительность его залегания 160—105 дней.

По территории провинции протекают Волга, Кама и их многочисленные притоки.

Северная часть провинции располагается в лесной зоне, а южная — в лесостепной. Растительность представлена елово-пихтовыми и сосновыми лесами с примесью широколиственных пород. Почвы подзолистые, дерново-подзолистые, а на юге — серые лесные и частично (под степной растительностью) черноземы.

Карстуются известняки, доломиты, гипсы и ангидриты перми. Карст развивается также в карбонатных породах каменноугольного и девонского возраста, в которых карстовые полости выявлены до глубины 1000 м. Карстовые

процессы наиболее интенсивны в пределах антиклинальных структур и речных долин.

Широко распространены карстовые воронки, средняя плотность которых составляет 6 на 1 км<sup>2</sup>, однако в отдельных местах она достигает 100—200 на 1 км<sup>2</sup>. На южном окончании Вятского увала отмечаются крупные карстовые рвы длиной 2—16 км, шириной 50—200 м и глубиной 10—85 м. Буровыми скважинами выявлены древние погребенные карстовые воронки и крупные полости, выполненные песчано-глинистым материалом.

Средневолжская карстовая провинция подразделяется на два карстовых округа: Вятский и Приволжско-Нижнекамский, а также шесть карстовых районов.

*Вятский карстовый округ* охватывает Вятский увал. На его территории три карстовых района: Вятско-Немдинский, Кокшага-Илетский и Иletь-Казанский.

Вятско-Немдинский карстовый район расположен в северной части Вятского увала. Карст наиболее интенсивно развит на Ивкинском, Нижнесуводьском, Медведокском и Немдинском участках.

Ивкинский карстовый участок находится в пределах куполообразного Ивкинского поднятия, сложенного известняково-гипсовой толщей верхнеказанского возраста. Карстуются преимущественно гипсы. В долине р. Ивкиной (у сел Угор и Ивкино), а также на водоразделе Ивкиной и Ирдыма (у деревень Пеньковой, Сычево, Сороки) распространены карстовые воронки и свежие провалы до 20 м диаметром и 3 м глубины. Буровыми скважинами в казанских отложениях вскрыты карстовые полости, а в подземных выработках гипса выявлены крупные древние пустоты, выполненные продуктами обрушения. В долине Ивкиной, врезанной в толщу гипсоносных известняков, отмечены также погребенные карстовые воронки диаметром до 250 м.

Нижнесуводьский карстовый участок охватывает левобережье р. Вятки, близ устья р. Суводи. Здесь наблюдаются воронки диаметром до 30 м и глубиной до 15 м.

Медведокский карстовый участок располагается на левом берегу р. Вятки, охватывая центральную часть Белогорско-Уржумской антиклинали. Многочисленные карстовые воронки отмечены в Медведокском бору, на левом берегу р. Вятки. Большинство из них занято водой. Выделяется оз. Медведокское, представляющее собой систему

му карстовых провалов глубиной до 18 м. На склонах озера под аллювиальными песками обнажаются доломиты, залегающие на казанских гипсах, с выщелачиванием которых связано образование подземных пустот и последующее обрушение доломитового свода. Близ Медведокского озера широко распространены провальные воронки. Наиболее крупные из них диаметром до 60 м и глубиной более 50 м обнаружены в 2,5 км к северу от озера. Провалы отмечены также в долине р. Юртки, впадающей в р. Вятку, у с. Аркуль.

Немдинский карстовый участок расположен на междуречье Вятки и Немды, в пределах Кукарской антиклинали. Карстуются преимущественно известняки нижней казани. Карстовые воронки особенно типичны для правобережья нижнего течения Немды. Около 70 воронок выявлено на левобережье р. Немды, у д. Чимбулай. Воронки достигают 30 м в диаметре и 12 м глубины.

Кокшага-Иletский карстовый район занимает южную часть Вятского увала и прилегающую к нему на западе низменную равнину. Карстуются карбонатные и сульфатные породы казанского возраста. Наиболее интенсивно карст развит в долинах рек Иletь, Юшут, Уба, Вонча, Малонмаш, Яранка и Ировка. Широко распространены карстовые воронки и провалы до 15—50 м в диаметре и 5—15 м глубины. Долины рек чаще безводны, но в некоторых из них встречаются обширные и глубокие озера. Такие озера отмечены, в частности, на р. Вонча, у деревень Мастьар, Кожлаер и Юртур. Наиболее крупное из них оз. Юртур, имеющее овальную форму, достигает 1700 м длины, 900 м ширины и 15 м глубины. Вонча, вытекая из этого озера, сразу же поглощается провальной воронкой, образуя суходол. Суходолы наблюдаются также на реках Визимбирка и Изюмка. Особенно сильно закарстовано междуречье Вончи и Ировки, известное под названием Моркинской возвышенности. Здесь карст выявлен на склонах останцовых гор Большой и Малый Карман-Курук, Карган-гора и Баш-Кырк, а также в долинах рек. В верховьях Вончи на Пумерском холме (абсолютная высота 200 м) в 1954 г. образовался карстовый провал диаметром 24 м и глубиной 16 м. Провальные карстовые воронки имеются также на Шотских высотах, на северо-востоке района, и в бассейнах Большой и Малой Кокшаги. Многие из них превращены в озера.

Наряду с воронками интерес представляют карстовые рвы, иногда больших размеров. Ров на левобережье р. Шотки достигает 2,8 км длины, 50—200 м ширины и 25 м глубины, а ров на юго-западном окончании Себеусадской структуры имеет длину 5 км, ширину 160 м и глубину 45 м.

Ильет-Казанский карстовый район охватывает левобережье Волги между р. Ильет и Казанка. Карстуются карбонатные и карбонатно-сульфатные породы казанского возраста. Развиты преимущественно воронки просасывания диаметром 100 м и глубиной 20 м. Иногда они располагаются большими группами. Встречаются также провальные воронки. Крупный провал образовался в д. Полевой в 1957 г. Он имел диаметр около 60 м и глубину 9 м. При слиянии карстовых воронок образуются рвы, склоны и дно которых осложнено воронками меньших размеров.

Особое положение занимает карстовый ров, расположенный вдоль северного склона Сотнурской возвышенности. Длина его около 16 км, ширина 200—500 м и глубина до 85 м.

Здесь располагается самое глубокое (35,5 м) карстовое озеро Вятского увала — Морской Глаз. В этом же районе находится и другое карстовое озеро Яльчик, имеющее длину 1600 м, ширину 325 м и глубину 35 м.

*Приволжско-Нижнекамский карстовый округ* охватывает северо-восточную часть Приволжской возвышенности и нижнее течение Камы. В пределах округа выделяются три карстовых района: Мешский, Актайский и Нижнесвияжский.

Мешский карстовый район охватывает междуречье Казанки и низовье Камы. На левобережье Казанки и Волги широко распространены воронки просасывания, достигающие у селений Киндеры, Чингиз и Азино 150 м в диаметре и 30 м глубины. При их слиянии образуются карстовые рвы. Встречаются карстовые провалы. Наиболее известен провал, образовавшийся в 1949 г. в г. Казани. Он имел диаметр 23 м и глубину 7,5 м.

Актайский карстовый район занимает левобережье Камы при впадении ее в Волгу. Отмечены небольшие воронки и провалы (д. Затеевка), связанные с растворением карбонатных отложений и, возможно, линз гипса казанского возраста.

Нижнесвияжский карстовый район располагается в северо-восточной части Приволжской возвышенности. Карстуются известняки, доломиты и гипсы верхней перми. Наиболее интенсивно карст развит на Свияжском и Сюкеевском участках.

Свияжский карстовый участок охватывает низовье р. Свияги и правобережье р. Волги. Карст отмечен у селений Улитино-Вязовые, Исаково, Соболевское, Верхний Услон, на правобережье р. Сулицы (правый приток Свияги) и в бассейне р. Кубни. Карст представлен небольшими воронками, приуроченными к овражно-балочной сети и долинам рек.

Сюкеевский участок находится на правобережье р. Волги. Особенно интенсивно карст развит у селений Сюкеево, Мордовские Карагай, Антоновка и Камское Устье. Воронки достигают 20—50 м в диаметре и 5—6 м глубины. Плотность их у с. Мордовские Карагай превышает 120 на 1 км<sup>2</sup>. Встречаются провалы. В 1943 г. близ с. Сюкеево образовался провал. Он имел вид глубокого (20 м) колодца. Особенно интересны пещеры, выработанные в гипсово-доломитовой толще: Юрьевская общей длиной 360 м, Большая Сюкеевская (Девичья) — 240 м и Малая Сюкеевская (Сухая, или Ледяная) — 70 м.

**Жигулевско-Бугульминская карстовая провинция** охватывает Жигули, Соколовы горы, Сокские Яры и Бугульминско-Белебеевскую возвышенность.

Провинция находится в пределах Жигулевско-Пугачевского и Татарского сводов Волго-Уральской антеклизы. Кристаллический фундамент располагается на глубине 1600—1800 м. На нем залегают девонские и каменноугольные известняки, доломиты и мергели, выходящие на поверхность лишь на Самарской Луке. На остальной территории каменноугольные образования перекрываются разнообразными по составу пермскими отложениями. Породы кунгурского яруса нижней перми, распространенные преимущественно в восточной части провинции, гипсонассы. На западе провинции преобладают известняки, доломиты, мергели, песчаники и глины казанского возраста. В центральной части Самарской Луки имеются песчано-глинистые породы мезозоя. Древние переуглубленные долины Волги и Усы выполнены неогеновыми отложениями. Четвертичный покров, представленный элювиально-делювиальными образованиями, маломощный.

Карбонатные и сульфатные породы каменноугольного и пермского возраста разбиты тектоническими трещинами, с которыми тесно связаны карстовые процессы.

Рельеф — равнинный, холмисто-увалистый, типично эрозионный. Отмечается ярусность междуречий. Абсолютная высота поверхности — 350—450 м. Глубина врезания речных долин иногда составляет 200—250 м, что создает благоприятные условия для развития карста. Особенно сильно расчленен глубокими оврагами северный край Самарской Луки, называемый Жигулевскими горами. Развитию карста благоприятствуют также восходящие неотектонические движения. В настоящее время Бугульминско-Белебеевская возвышенность поднимается со скоростью до 2—5 мм в год.

Климат — континентальный, с умеренно холодной зимой и теплым засушливым летом. Средняя температура января —14°, —15°, а июля 20°. Годовое количество осадков составляет 350—400 мм. Высота снежного покрова 0,4 м, продолжительность его залегания 145—155 дней.

Поверхность дренируется Волгой и ее притоками Сок, Самара, Чапаевка, Большой Иргиз, Ик (левый приток Камы). В карстующихся пермских породах выделяются два основных водоносных горизонта. Первый горизонт гидрокарбонатных вод с минерализацией 0,5—1,2 г/л приурочен к верхнепермским отложениям, а второй — сульфатных вод с минерализацией 2—5 г/л — к нижнепермским образованиям.

Провинция располагается в лесостепной зоне. В прошлом она была занята широколиственными лесами и злаково-разнотравными степями. В настоящее время леса в значительной мере вырублены и сохранились лишь на участках, неудобных для распашки. Под лесами развиты серые лесные почвы, а под злаково-разнотравной растительностью формируются черноземы.

Карстуются карбонатные и сульфатные породы верхнего карбона и перми. Карст приурочен в основном к положительным тектоническим структурам и речным долинам.

Карстовые формы представлены воронками, котловинами, суходолами, логами и пещерами. Воронки достигают 100—150 м в диаметре и 20 м глубины. По мнению Г. В. Вахрушева (1961), озера Кандрыкуль (длина

8,1 км, глубина 15 м) и Асликуль (длина 6,6 км, глубина 7 м) имеют карстовое происхождение. Самая крупная карстовая пещера Новая имеет длину 120 м. Буровыми скважинами в известняках и доломитах карбона и девона выявлены подземные карстовые полости высотой до 1—3 м. Выделяются два этажа глубинного карста. Первый располагается на глубинах 790—1040 м в отложениях нижнего карбона, а второй — на глубине 1240—1700 м в карбонатных породах верхнего девона. Наиболее крупная полость высотой 3,2 м отмечена на глубине 1707 м. Эти формы в значительной мере являются древними палеокарстовыми образованиями, в то же время наличие циркуляционных вод в отложениях нижнего карбона и верхнего девона свидетельствует о развитии в трещиноватых растворимых карбонатных породах современных глубинных процессов выщелачивания.

Жигулевско-Бугульминская провинция подразделяется на шесть карстовых районов, которые объединяются в два карстовых округа: Бугульминско-Белебеевский и Сок-Жигулевский.

*Бугульминско-Белебеевский карстовый округ* терриtorиально совпадает в основном с Бугульминско-Белебеевской возвышенностью. В него входят три карстовых района: Нижнеикский, Мензеля-Шешминский и Икско-Усенский.

Нижнеикский карстовый район охватывает нижнее течение р. Ик и правобережье Камы в южной части Сарапульской возвышенности. Выделяется карстовый участок на правом берегу Камы, в долине р. Салауши, впадающей справа в р. Ик. Карстовые воронки находятся на пойме р. Салауши. Это — небольшие заросшие провалы до 25 м в диаметре и 4 м глубины. Карстовые воронки выявлены также в низовьях р. Ик.

Мензеля-Шешминский карстовый район располагается в западной половине Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Карстуются гипсы и известняки казанского яруса. Карст отмечен преимущественно на Рангазарском и Акташском участках.

Рангазарский карстовый участок расположен на междуречье верхнего течения р. Мензеля и Мелля. Воронки отмечены у селений Кульметьево, Муртыш-Тамак и Рангазар. Они достигают 80 м в диаметре и 20 м глубины. Акташский карстовый участок находится на правобережье

режье р. Степной Зай. Здесь у с. Калейкино в 1939 г. образовался провал поперечником около 5 м и глубиной 52 м. Этот провал-шахта, получивший название Акташского, является одним из самых глубоких на Русской равнине. Расположенный недалеко от него старый (голоценовый) Бигашевский провал представляет собой воронку эллиптической формы длиной до 75 м и глубиной 6 м. Несколько древних блюдцеобразных воронок диаметром 45—70 м и глубиной 4—6 м описаны также в окрестностях г. Альметьевска. Они имеют, по-видимому, древнечетвертичный возраст.

Икско-Усенский карстовый район охватывает восточную часть Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Карстуются преимущественно гипсы кунгурского яруса нижней перми. Карст широко распространен в долине р. Ик и в долинах его притоков Стерля, Бавлинка, Ютаза, Дымка, Усень и др.

Особенно интенсивно карст развит на Сасыкульском, Байрякинском, Бавлинском, Максютовском, Нижнеусенском и Знаменском участкам.

Для Сасыкульского участка, охватывающего низовье р. Стерля, и Байрякинского, расположенного на левобережье р. Ик, к югу от Чекана, характерны небольшие воронки. На Бавлинском участке, на левом берегу р. Ик, карстовые воронки отмечены у с. Новые Бавлы, Кзыл-Яр, Вешневка, Алабакуль, Екатериновка, Апсалямово и Урусы. Они преимущественно небольшие и неглубокие. Лишь некоторые воронки достигают 100—150 м в диаметре и 5—0 м глубины. Встречаются свежие провалы. Максютовский карстовый участок находится на правобережье р. Ик, между пос. Октябрьским и с. Бетьки. У селений Муллино, Московка, Максютово, Япрык и Бетьки широко распространены карстовые воронки, колодцеобразные провалы и котловины, развитые в гипсово-доломитовых породах нижней перми. Здесь же описаны карстовые пещеры Новая, Ледяная и Водяная. Наиболее крупная из них пещера Новая (длина 120 м) состоит из пяти гротов. Небольшие карстовые воронки и ниши встречаются также в нижнем течении р. Усень и в долине р. Кутузинки (Знаменский участок).

*Соко-Жигулевский карстовый округ* охватывает Жигули, Соколовы горы и Сокские яры в пределах Соко-Жигулевских поднятий. Округ подразделяется на три

карстовых района: Сокский, Самаро-Иргизский и Жигулевский, границы между которыми проходят по Волге и Самаре.

Сокский карстовый район охватывает бассейн р. Сок и низовья р. Самары. Карстуются гипсы и известняки нижней перми. Карстовые формы представлены воронками, котловинами и слепыми балками. Большое количество воронок отмечено в окрестностях Куйбышева, у селений Старо- и Ново-Семейкино, Красная Глинка, Водино, Николаевка, Алексеевка, Русская Селильба, Сергиевск, Серноводск, Исаклы и Камышла. Самые крупные воронки диаметром до 150 м и глубиной 40 м (Сосновая и Шоркина Ямы) у с. Алексеевка. В 1956 г. здесь произошел новый провал глубиной 30 м. Некоторые воронки заполнены водой сероводородных источников (оз. Голубое у Серноводска и озеро восточнее с. Старо-Якушкино). У Водино описана карстовая пещера длиной около 60 м. Буровыми скважинами на различной глубине выявлены многочисленные подземные карстовые полости, выполненные обычно глиной.

Самаро-Иргизский карстовый район протягивается неширокой (до 40 км) полосой от низовьев р. Самары до среднего течения р. Большой Иргиз. Карстуются пермские известняки и загипсованные доломиты, а также известняки и доломиты карбона. Карстовые формы приурочены главным образом к эрозионным врезам. Карст описан у селений Троевское, Воскресенка, Черноречье, Каменный Брод, Колдыбань, Волчанка и у г. Пугачева. Наиболее распространены воронки диаметром до 50—100 м и глубиной до 10—15 м. Встречаются слепые балки. Одна из них на левом берегу р. Чапаевки заканчивается воронкой диаметром 150 м и глубиной 20 м с водопоглощающим понором на дне. На реках Сухая Вязовка, Овсянка и Чагара развиты суходолы.

Жигулевский карстовый район охватывает Самарскую Луку. Карстуются известняки, доломиты и гипсы перми и верхнего карбона. Карстовые воронки и провалы встречаются у селений Александрова, Аскулы, Винновка, Гаврилова Поляна, Бахилова, Дмитровское и Шелехметь. Воронки отмечены также в долине р. Усы. Они достигают 100 м в диаметре и 20 м глубины. Самый крупный провал образовался в 1861 г. у с. Александровка. Первоначально он имел диаметр 42 м и глубину 12 м. Среди подземных

образований обнаружены небольшие (до 17—20 м длины) пещеры.

Широко представлены древние погребенные карстовые воронки, выполненные часто горизонтально залегающими юрскими образованиями. Это указывает на развитие, особенно в западной и южной частях Самарской Луки, карстовых процессов в доюрское время, когда на протяжении всего триаса и нижней перми существовал здесь континентальный режим. Погребенные карстовые воронки достигают 500 м в поперечнике и 17 м глубины. Возраст их определяется как доюрский. К некоторым из древних воронок приурочены современные формы. Буровыми скважинами на значительных глубинах (до 200 м и ниже) выявлены крупные (до 8—10 м) карстовые полости.

С созданием Куйбышевского водохранилища активизировались антропогенно-карстовые процессы. На это указывает образование грандиозного карстового провала на берегу водохранилища (на второй год его эксплуатации), в 7 км к западу от устья р. Усы. Длина провала — около 200 м, ширина 90 м, наибольшая глубина 25 м. В отвесных стенах обнажились известняки и доломиты.

**Уфимско-Камская карстовая провинция** располагается в восточной части Русской равнины, протягиваясь относительно узкой полосой вдоль Урала, между р. Камой и Уфой. Она охватывает Уфимское плато, которое переходит на западе в холмистую равнину. Провинция размещается в пределах Башкирского свода, который на востоке переходит в Предуральский краевой прогиб, а на западе — в Бирскую впадину. На кристаллическом фундаменте, опущенном на глубину 2500—3000 м, несогласно залегают палеозойские породы девонского, каменоугольного и пермского возраста. Территория сложена преимущественно нижнепермскими глинами, песчаниками, мергелями, известняками, доломитами, гипсами и ангидритами, которые характеризуются в основном моноклинальным залеганием с небольшим падением на запад. Они участвуют в строении Полазнинско-Краснокамского и Уфимского валов. Центральная часть Уфимского вала, представляющего собой пологую антиклинальную структуру платформенного типа с очень пологим западным и несколько более крутым восточным крылом, сложена артинскими и нижнекунгурскими (филипповский горизонт) известняками и доломитами, а западный и восточный

склоны — верхнекунгурскими (иренский горизонт) гипсами и ангидритами. Пермские породы перекрыты четвертичными суглинками, песками и глинами. На водоразделах и в древних депрессиях встречаются отложения мезозойского и палеогенового возраста.

Карбонатные и сульфатные породы перми разбиты трещинами северо-западного и северо-восточного направлений. Трещины обычно имеют незначительную ширину и часто заполнены гипсом или кальцитом.

Рельеф — равнинный, волнисто-увалистый, сильно расчлененный. Абсолютная высота поверхности постепенно увеличивается с запада на восток от 200 до 300 м. На востоке располагается Уфимское плато, приуроченное к Башкирскому своду. Плоская поверхность плато на участках распространения карбонатных пород расчленена узкими и глубокими речными долинами на отдельные массивы, что придает местности горный характер. На востоке оно довольно крутым уступом обрывается в сторону Айско-Юрзанской депрессии, а на западе плавно переходит в равнину. Северным продолжением Уфимского плато является Сылвинский кряж, представляющий собой морфологическое выражение Уфимского вала. Широко распространены карстовые формы рельефа.

Основную роль в формировании климата играют циклоническая деятельность в холодную часть года и процесс трансформации воздушных масс (прогревание, увлажнение) — летом. Средняя температура января —15, —16°, а июля 17—19°. В течение года выпадает 500—600 мм осадков, причем 70% приходится на теплую половину года (апрель — октябрь), что способствует интенсивности карстования. Высота снежного покрова 0,5—0,7 м, а продолжительность его залегания — 160—180 дней.

Поверхность дренируется рекой Камой и ее многочисленными притоками. Реки спокойные, широкие, с малыми уклонами и сильно меандрирующим руслом. На Уфимском плато речная сеть разрежена. Многие небольшие реки в пределах плато текут под землей, а на поверхности образуются суходолы. В карбонатных отложениях подземные карстовые воды, составляющие единый водоносный горизонт, залегают на глубине 70—100 м. Это — пресные гидрокарбонатно-кальциевые или гидрокарбонатно-магниевые воды с минерализацией 500—600 мг/л. Они

разгружаются в долинах рек с многочисленными источниками. Например, в устье Суксунского суходола выходит группа источников, дающих начало р. Ключи с расходом 540 л/сек. В сульфатных породах подземные воды заливают на меньшей глубине, чем в карбонатных. Они относятся к сульфатно-кальциево-гидрокарбонатному и сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевому типам с минерализацией 1000—2000 мг/л. Разгрузка этих вод происходит преимущественно в придолинных участках, причем дебит отдельных источников достигает 13,6 л/сек (у д. Зуево). Наибольшая водообильность пород, связанная с их повышенной трещиноватостью, которая вызвана значительным перегибом пластов, отмечается в восточной части Уфимского плато.

Почвы подзолистые и дерново-подзолистые, преимущественно суглинистые. Значительно распространены дерново-среднеподзолистые почвы, отличающиеся сравнительно небольшой мощностью гумусового горизонта (15—20 см). На юге и юго-востоке развиты серые и темносерые лесные почвы, а также деградированные черноземы. К выходам пермских известняков и доломитов приурочены перегнойно-карбонатные почвы, а к долинам рек — аллювиальные. Встречаются торфяно-подзолистые и торфяно-болотные почвы.

Растительность представлена темнохвойными и хвойно-широколиственными лесами, состоящими из ели, пихты и лицы. Песчаные почвы покрыты сосняком. На месте вырубленных хвойных и хвойно-широколиственных лесов располагаются вторичные березовые и березово-осиновые. На Уфимском плато значительные пространства заняты степной и луговой растительностью.

В пределах провинции карстуются сульфатные и карбонатные породы артинского и кунгурского ярусов нижней перми. Особенно интенсивно карст развит на участках распространения сульфатных пород.

Наиболее широко распространены воронки, достигающие 100—120 м в диаметре и 25—30 м глубины. Плотность их местами составляет 300—500 на 1 км<sup>2</sup>. При слиянии отдельных воронок нередко образуются крупные карстовые котловины до 400 м в поперечнике и 30 м глубины. Особое положение занимают обширные (до 4 км длины и 100 м глубины) котловины типа польев — Ди-коозерская, Мазуевская, Бурцевская и др., расположенные

ные на восточном склоне Уфимского плато. Формирование их связано с интенсивным выщелачиванием гипсов кунгура вдоль контакта с карбонатными породами подземными водами, стекающими с центральных частей плато. Среди карстовых суходолов выделяется суходол на р. Яманъелге, которая на протяжении 60 км течет под землей. Здесь же расположен крупнейший в Советском Союзе карстовый источник Красный Ключ, имеющий среднегодовой расход 12,46 м<sup>3</sup>/сек.

Подземные карстовые формы представлены пещерами, полостями и кавернами. Каверны и полости, развитые в гипсах и известняках, достигают иногда 5—10 м в поперечнике. Они полностью или частично заполнены глинистым материалом или кальцитом. Особенно широко подземные полости распространены в долинах рек. В долине р. Сылвы, например, на глубине 20—27 м в гипсах кунгура бурением вскрыты полости до 6 м в поперечнике, а в долинах рек Кишерти и Мазуевки полости такого же размера, по которым в виде разобщенных потоков циркулируют напорные воды, были выявлены на глубине 50—90 м. Интересны древние погребенные карстовые воронки и котловины, выполненные мезозойскими и палеогеновыми отложениями. На интенсивное развитие древних карстовых процессов указывают также карстовые брекчии на восточном и западном склонах Уфимского плато.

Глубинный карст выражен несколькими ярусами палеозойского палеокарста. Наиболее глубокие карстовые образования отмечаются скважинами в девонских карбонатных породах близ селений Ярино, Полазны, Кунгура и Орды на глубине 1800—2200 м.

Уфимско-Камская провинция подразделяется на два карстовых округа: Бельско-Чусовской и Уфимский, которые в свою очередь делятся на семь карстовых районов.

*Бельско-Чусовской карстовый округ* охватывает равнинную территорию, протянувшуюся вдоль Уфимского плато. В округе четыре карстовых района: Бирский, Иренский, Сергинский и Полазнинский.

Бирский карстовый район расположен между реками Белая, Уфа и Тюй. Карст отмечен на Тегерменевском, Благовещенском, Уфимском и других участках, где карстуются сульфатные и карбонатные породы нижней пер-

ми. Лучше всего карст изучен на Уфимском участке в междуречье Белой и Уфы. Здесь особенно интенсивно за-карстованы правые крутые склоны долин рек, где гипсо-во-ангидритовая толща кунгура выходит на поверхность. Наиболее известен Уфимский Косогор, характеризующийся активным развитием карстовых процессов. Детальное описание его было проведено еще в 1897, 1899 гг. Д. Л. Ивановым, выявившим вдоль железной дороги на протяжении 38 км 20 провалов диаметром до 7 м и глубиной до 8 м, образовавшихся с 1890 по 1894 г. Среди поверхностных форм многочисленны воронки, достигающие 100 и даже 200 м в диаметре и 20 м глубины. Плотность их составляет 15—20 на 1 км<sup>2</sup>. Ежегодно отмечаются провалы. На Уфимском Косогоре выделяется провал глубиной 14 м и объемом 8000 м<sup>3</sup>, возникший в 1927 г. Встречаются колодцы глубиной до 17 м (с. Ново-Турбаслы). Наиболее крупная котловина расположена в г. Уфе. Диаметр ее около 400 м, а глубина 60 м. На дне котловины находится понор. В обрывах рек обнаружены небольшие (до 10 м длины) пещеры. Буровыми скважинами выявлены подземные карстовые полости, приуроченные к зоне вертикальной и горизонтальной циркуляции подземных вод. Полости обычно сложены суглинками, глиной и мелкозернистым песком. У Софроновской пристани при строительстве моста через р. Белую на глубине 14 м была вскрыта полость поперечником в 6,5 м. Широко развиты древние карстовые воронки и котловины, выполненные неогеновыми и четвертичными отложениями. Некоторые из них достигают 400 м в диаметре и 60 м глубины.

На Благовещенском карстовом участке большой интерес представляют пещеры, развитые в гипсах кунгура. Наиболее крупная из них (длина 300 м) расположена на правом берегу р. Белой, в 2 км выше г. Благовещенска.

Иренский карстовый район охватывает бассейн р. Ирени. Карстуются гипсы, ангидриты, известняки и доломиты кунгурского яруса нижней перми.

Карстовые формы представлены каррами, воронками, понорами, котловинами, слепыми логами, суходолами, рвами и пещерами. Особенно широко распространены воронки, достигающие иногда 120 м в диаметре и 25 м глубины. Они распределены, однако, крайне неравномерно. В некоторых местах плотность воронок составляет

200—250 на 1 км<sup>2</sup>. Много свежих провалов, нередко имеющих вид глубоких (до 16 м и более) колодцев. Иногда они вскрывают крупные подземные полости. Так в пос. Бабинская Гора, расположеннном на правом берегу р. Бабки, в 1957 г. образовался карстовый провал диаметром 2 м и глубиной 10 м, который вел в полость длиной 220 м, выработанную в сульфатных породах кунгура. Карстовые котловины отмечены у селений Шляпники, Медянка и Суда, и самая крупная из них на левом берегу р. Ирени, у д. Пихтари. Длина ее около 1000 м, ширина 700 м и глубина 10 м. Дно котловины усеяно блюдцеобразными воронками, заполненными водой или заболоченными. Другая крупная котловина расположена в нижнем течении Ирени, в 2,5 км южнее Новой Деревни. Она имеет овальную форму (длина 350 м, ширина 200 м и глубина 15 м).

К исчезающим рекам относятся Тураевка, Малый Тесес, Аспа, Судинка и др. Суходол на р. Судинке имеет протяженность около 650 м. Длина суходола на р. Тураевке — 1200 м. Широко распространены слепые лога, заканчивающиеся обычно крупной карстовой воронкой с понором на дне. Примером может служить лог, находящийся южнее д. Верхний Кунгур. Длина его около 400 м, ширина до 50 м. Он расположен перпендикулярно долине р. Кунгур и заканчивается двумя слившимися крупными коническими воронками с понорами на дне. Сток в логу идет не к долине р. Кунгур, а в обратном направлении — к воронкам. Такие же лога отмечены у Красного Языла и Орды. На склонах долин Ирени и Бабки, близ селений Неволино, Мериново, Саркаево, Казаево и Ергач, развиты карстовые рвы, приуроченные к трещинам разгрузки. В низовьях р. Ирени, на правом склоне Патрина лога, в обнажении гипса обнаружены небольшие карры. Среди карстовых пещер выделяются Нижнемихайловская 2 (длина 721 м), Уинская ледяная (длина 400 м), Пономаревская (длина 185 м). Нижнемихайловская 1 (длина 140 м) и Дмитриевская (95 м).

Сергинский карстовый район расположен в нижнем течении р. Сылвы и приурочен к северному погружению Уфимского вала. Карстуются карбонатные и сульфатные породы кунгура. На обрывистых склонах молодых воронок иногда выходят коренные породы. Наиболее крупные воронки достигают 50 м в диаметре и 15 м глубины.

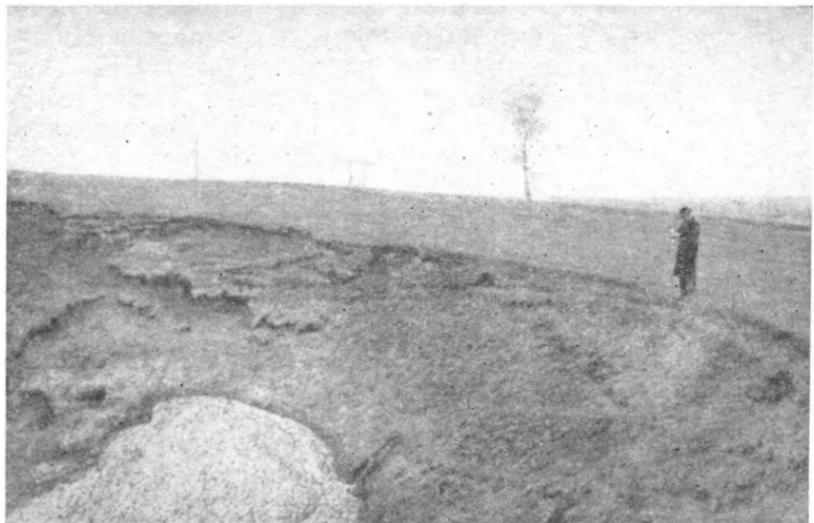


Рис. 14. Карстовая воронка на вершине Ледяной горы в окрестностях г. Кунгура

(рис. 14). Плотность их в некоторых местах составляет 200—300 на 1 км<sup>2</sup>. Воронки нередко заполнены водой. К числу крупных относится озеро в д. Безукладниково (на междуречье Сылвы и Шаквы). Длина его 150 м, ширина 110 м и глубина 10 м. Карстовые озера встречаются также у селений Камышное, Удалово, Поляково и Климково. Часты молодые провалы. Особенно интересны они в излучине р. Сылвы, у д. Верхние Пеньки, где в 1956 г. одновременно образовалось четыре провала, вытянутых по линии северо-восточного простирания. Наибольший из них имел длину 22 м, ширину 17 м и глубину 5 м.

Наряду с воронками отмечаются котловины, рвы, суходолы и лога. На обнажениях гипса у пос. Посад-Кишерть развиты небольшие карры. Карстовые рвы, связанные с трещинами разгрузки, описаны в долине р. Сылвы у деревень Подкаменной, Черники, Зуяты, Закуры, Ломотино и Алебастрово. Долина Серги в верховьях (до д. Савино) безводна.

Особый интерес представляют пещеры. Наиболее крупные из них — Кунгурская ледяная (длина 5600 м),

Зятская (длина 900 м), Кичменская ледяная (длина 450 м), Большая Мечкинская (длина 350 м) и Закуринская (длина 300 м).

Кунгурская ледяная пещера находится на правом берегу р. Сылвы, близ г. Кунгур. Она образовалась в гипсах и ангидритах верхнего кунгура нижней перми, которые чередуются с незначительными по мощности слоями известняков и доломитов. В пещере насчитывается 58 гротов высотой 20—25 м. Самый крупный из них — грот Географов — расположен в Заозерной части пещеры. Длина его 155 м, ширина 32 м, площадь более 3000 м<sup>2</sup>. Общая длина всех гротов и проходов пещеры, расположенных на площади 0,37 км<sup>2</sup>, составляет 5600 м. Гроты и проходы Кунгурской пещеры вытянуты в северо-западном и северо-восточном направлениях, совпадающих с двумя господствующими взаимно перпендикулярными системами тектонической трещиноватости. Буровыми работами и электроразведочными исследованиями установлено четыре этажа Кунгурской пещеры. По высоте полости нижнего этажа соответствуют пойме и первой надпойменной террасе (5—8 м) р. Сылвы. По мнению Е. П. Дорофеева (1968), формирование полостей нижнего этажа проходило в голоцене. Пол многих гротов завален глыбами гипса, обрушившимися с потолка. Почти повсюду встречаются глинистые отложения. В пещере насчитывается до 40 органных труб поперечником около 10 м. Под ними развиты конусовидные глыбово-глинистые осыпи и обвалы. Некоторые органные трубы прорезают всю толщу гипсового массива и переходят в поноры на дне карстовых воронок, расположенных на вершине Ледяной горы.

Температура воздуха летом не превышает 9°, а зимой в ближней части пещеры опускается до —17°. Интересны озера пещеры. Их насчитывается около 60. Самое крупное Большое подземное озеро находится в гроте Дружба Народов. Площадь его около 1200 м<sup>2</sup>, а наибольшая глубина 3 м. Изменения уровня озер тесно связаны с сезонными колебаниями уровня воды в р. Сылве, поэтому максимальная глубина и площадь озер наблюдается весной в период половодья. Вода озер слабо минерализована (до 2 г/л). Замечательны ледяные образования Кунгурской пещеры: сталактиты, сталагмиты, сталагнаты, кора обледенения, покровный лед и ледяные кристал-

лы, делающие гроты Бриллиантовый, Полярный и Данте сказочно красивыми. Особенно эффектны кристаллы, имеющие вид снежинок, размеры которых доходят до 10 см в поперечнике. В середине зимы, когда воздух становится сухим и морозным, стены гротов покрываются ледяными иглами около 15—20 см длиной. Рост кристаллов наблюдается до апреля, затем наступает период их таяния. Дальние гроты пещеры, где в течение всего года сохраняется температура около 5°, лишены ледяных образований.

В пределах района скважинами во многих местах выявлены крупные карстовые полости. В долине Сылвы, под руслом реки, в гipsах вскрыты полости до 6 м в поперечнике, заполненные обломочным материалом.

Полазнинский карстовый район охватывает левобережье Камы между низовьями Чусовой и Косьвы. Карст приурочен к долинам рек и куполообразным поднятиям, осложняющим Краснокамско-Полазнинский и Ярино-Каменноложский валы. Карстуются преимущественно переслаивающиеся с известняками и доломитами гипсы и ангидриты кунгура. Они выходят на поверхность или залегают на небольшой глубине под известняками, песчаниками и глинами соликамской свиты и рыхлыми четвертичными отложениями.

Среди поверхностных карстовых форм преобладают воронки, достигающие иногда 80—120 м в диаметре и 20—25 м глубины. Плотность карстовых воронок составляет в некоторых местах на правобережье р. Чусовой 230 (у д. Гары), в бассейне р. Косьвы 450 (у д. Бояново), а в прибрежных частях Камского водохранилища (у г. Полазна) даже 1072 на 1 км<sup>2</sup>. Некоторые воронки заполнены водой и представляют собой озера. Повсюду встречаются молодые провалы. Только у с. Таборы с 1885 по 1962 г. образовалось 12 провалов. Наряду с воронками отмечаются котловины. Котловина в долине р. Мутной, у д. Мутная, имеет поперечник около 1 км и глубину 100 м. Слоны ее крутые. Другая крупная котловина, длиной 1300 м и шириной 450 м, расположена в долине р. Полазны, ниже впадения в нее Каменного лога. Северная часть ее занята озером длиной 198 м, шириной 115 м и глубиной 10 м. К исчезающим рекам относятся Талая, Пелуча, Сухая, Васькина, Сухая Мутная и др. По берегам рек отмечены небольшие пещеры.

С созданием Камского водохранилища карст резко активизировался. На крутых гипсовых берегах водохранилища интенсивно развивается своеобразный «береговой карст» в виде ниш, пещер и полостей. К таким пещерам относится, в частности, Полазнинская пещера, образовавшаяся в 3 км выше Полазнинского залива, в скальном обрывистом берегу водохранилища, сложенном кунгурскими гипсами и ангидритами. Она представляет собой систему полостей общей длиной 55 м, приуроченных к трещинам бортового отпора. Возникающие на побережье антропогенные карстовые формы, однако, очень недолговечны, что связано с быстрым разрушением коренных берегов водохранилища.

*Уфимский карстовый округ* охватывает Уфимское плато. В его пределах выделяются три карстовых района: Сылвинский, Сарский и Яманъелгинский.

Сылвинский карстовый район территориально совпадает с Сылвинским кряжем, являющимся северным окончанием Уфимского плато. Карстуются карбонатные и сульфатные породы артинского и кунгурского ярусов нижней перми, перекрытые четвертичными суглинками.

Карст весьма интенсивен, особенно в окрестностях селений Усть-Кишерь, Куделькино, Низкое, Дикое Озеро, Мазуевка, Бурцево, Суксун, Ключи и Брехово. Наиболее широко распространены воронки, достигающие 85 м в диаметре и 35 м глубины. Плотность их иногда составляет 50—100 и более на 1 км<sup>2</sup>. Только на правобережье р. Иргины у с. Ключи и Брехово описано более 500 карстовых воронок. Интересны молодые провалы. Выделяется Бреховский провал, образовавшийся южнее д. Брехово на дне старой карстовой воронки. Первоначально он представлял собой карстовую шахту диаметром 10 м и глубиной 45 м. Наряду с воронками развиты крупные карстовые и карстово-эрзационные котловины, приближающиеся иногда по своим размерам и гидрогеологическим особенностям к польям. К таким котловинам относятся Низковская, Бурцевская, Дикоозерская и Мазуевская. Дикоозерская котловина достигает 4 км длины, 1,8 км ширины и 90 м глубины, а Мазуевская — 3 км длины, 1,5 км ширины и 100 м глубины. На дне котловины отмечены многочисленные карстовые озера до 400 м длины (Дикое, Карасье) и 19 м глубины (Круглое, Нижнеодинское).

Многочисленны карстово-эрзационные лога, образующиеся в результате слияния линейно расположенных воронок, и суходолы, заполняющиеся водой только в весенне время. Дно карстовых логов неровное, часто осложнено воронками. Так, в устьевой части лога Ежикова Яма насчитывается 19 воронок до 48 м диаметром и 20 м глубиной. Карстовые суходолы отмечаются на реках Сединка, Мазуевка, Советянка, Ключи, Иргина и др. Суходолом является верховье р. Кишертки, представляющее собой узкую сухую долину, на крутых склонах которой обнажаются известняки. Водоток появляется лишь у д. Низкое, где выходят восходящие карстовые источники, питающие реку. Небольшие пещеры и ниши развиты в известняках и брекчиях в Пещерном логу, в окрестностях д. Советная, к в Белом Камне на Иргине. К наиболее крупным пещерам относятся Бурцевская и Мазуевская (Варсаноффьевой), которые выработаны в гипсах. Мазуевская пещера, вход в которую находится на дне огромной карстовой воронки, имеет длину 65 м.

На интенсивное развитие древних карстовых процессов указывает широкое распространение брекчий вдоль восточного крыла Уфимского вала. Образование их связано с обрушением карбонатных пород над подземными полостями в сульфатных отложениях кунгура. Полоса карстовых брекчий в Сылвинском районе имеет протяженность 40 км, ширину до 2 км и общую площадь 60 км<sup>2</sup>.

Сарский карстовый район занимает северную часть Уфимского плато, между реками Уфа и Саре. Карстуются карбонатные породы нижней перми. Среди карстовых форм особенно интересны пещеры и шахты. Выделяется шахта Саранская, расположенная в 3 км западнее пос. Нижняя Сарана. Глубина ее 49 м, а длина 117 м.

Яманъельгинский карстовый район охватывает южную половину Уфимского плато. Карстуются карбонатные отложения нижней перми. Карст отличается большим разнообразием, особенно в долинах рек, которые глубоко (100—150 м) врезаны в толщу известняков. Воронки преимущественно небольшие. Плотность их обычно не превышает 10—20 на 1 км<sup>2</sup>. В восточной части района, на склонах Большая и Малая Тастуба, интересны углубления, в виде чаш, образование которых связано с интенсивным выщелачиванием рифовых известняков карбона

талыми водами в местах скопления снега. Суходолы отмечаются на реках Яманъелга, Сарва, Аскан, Красный Камень, Саула, Кизилташ и др. Особое положение занимает р. Яманъелга. Она начинается в отрогах хр. Каратая и в пределах Уфимского плато на протяжении 60 км течет под землей. Недалеко от впадения в р. Уфу Яманъелга изливается на поверхность мощным источником, который называется Красный Ключ. Это — самый крупный в Советском Союзе карстовый источник. Он выходит из двух карстовых воронок, развитых в артинских известняках, в основании левого коренного берега р. Уфы. Диаметр основной воронки 70 м, а глубина 38 м. Максимальный расход источника 58 м<sup>3</sup>/сек, минимальный — 5,15 м<sup>3</sup>/сек, а среднегодовой 12,46 м<sup>3</sup>/сек. Водосборная площадь Красного Ключа около 700 км<sup>2</sup>. Отмечены небольшие пещеры (Камень Сабакай, длина 50 м).

Буровыми скважинами выявлены палеокарстовые полости, а также древние погребенные формы, выполненные олигоцен-миоценовыми песчано-глинистыми отложениями.

**Дема-Уфимская карстовая провинция** располагается на юго-востоке Русской равнины, протягиваясь неширокой полосой вдоль Урала, между реками Уфой и Илек.

Территория сложена глинами, песчаниками, известняками, доломитами, гипсами и ангидритами пермского возраста. В северной части провинции находится Уфимско-Бельская платформенная депрессия, а в южной — Шкаповско-Ромашкинский свод, осложненный Сароево-Аскульским, Федоровско-Стерлибашевским и Рязано-Охлебининским валами и разделяющими их Чермасанским, Демским и Уршакским тектоническими прогибами, простиравшимися в северо-восточном направлении. Кристаллический фундамент, трансгрессивно перекрытый палеозойскими толщами, находится на глубине 2000—3000 м. На пермских породах почти повсеместно залегают сравнительно маломощные элювиально-делювиальные четвертичные отложения. В понижениях древнего рельефа, крупных карстовых депрессиях и на водораздельных пространствах встречаются мезозойские и палеогеновые образования.

Рельеф — сильно выровненный, преимущественно пологохолмистый, значительно расчлененный. На западе в пределы провинции частично заходит Бугульминско-Беле-

беевская возвышенность, а на юге — Общий Сырт, представляющие собой типично платформенные образования, местами ограниченные крутыми склонами, расчлененными оврагами и осложненными оползнями. Речные долины широкие, хорошо разработанные. В некоторых местах они врезаны на большую глубину (до 150 м) и имеют каньонообразный характер. Широко распространены карстовые формы рельефа.

Климат — резко континентальный. Зима — холодная, с сильными ветрами. Средняя температура января —15, —16°. Мощность снежного покрова 0,4—0,6 м, а продолжительность его залегания 140—160 дней. Лето — теплое, преимущественно с ясной погодой. Средняя температура июля увеличивается к югу от 18 до 22°. Годовое количество осадков составляет 300—350 мм. Около 65% осадков выпадает в теплое время года, что благоприятно для развития карста, но весной и летом часто бывают засухи. Осень обычно дождливая.

Территория провинции дренируется реками Белой и Уралом, а также их многочисленными притоками. Реки — извилистые, с малыми падениями русла и медленным течением (до 0,4—0,5 м/сек). Многие небольшие реки, особенно на юге провинции, к середине лета пересыхают. Подземные воды в сильно закарстованных кунгурских отложениях находятся на глубине 50—100 м. Они относятся к сульфатно-кальциевому типу и имеют минерализацию 1000—2000 мг/л. В артинских отложениях водоносный горизонт также находится на значительной глубине. Это — воды гидрокарбонатно-кальциевого состава с минерализацией до 1000 мг/л. Разгрузка подземных вод происходит в долинах рек и глубоких балках, где отмечаются многочисленные источники.

Естественная растительность в северной половине провинции представлена лесами, приуроченными к серым в различной степени оподзоленным, а в некоторых местах вторично одернованным лесным почвам. Леса состоят в основном из широколиственных пород — дуба, липы, клена, ильма и вяза. На севере существенную роль играют хвойные породы — ель, пихта и сосна. Широко распространена береза. Лесные массивы разделены обширными степными пространствами. На юге провинции преобладают разнотравно-дерновинно-злаковые и злаковые (типчаково-ковыльные) степи с небольшой примесью сухолю-

бивых видов разнотравья. На крайнем юге они сменяются разреженными типчаково-ковыльно-полынными степями. Под степной растительностью развиваются южные сравнительно малогумусные черноземы, которые на севере переходят в обыкновенные черноземы, а на крайнем юге — в темно-каштановые почвы. Значительно распространены солонцы.

В провинции карстуются гипсы, ангидриты, каменная соль, известняки и доломиты нижней перми, а также мергели и мел верхнего мела. Карстовые формы весьма разнообразны. Они представлены воронками, котловинами, колодцами, логами, суходолами, пещерами и подземными полостями. Воронки достигают 50—80 м в диаметре и 25 м глубины. Плотность их в некоторых местах составляет 150—200 на 1 км<sup>2</sup>. Своеобразны гипсовые останцы, расположенные в низовье р. Аургазы. Самый крупный из них имеет длину 230 м, ширину 140 м и высоту 15 м. Встречаются карстовые источники с дебитом до 40—50 л/сек и более. Во многих местах отмечены пещеры длиной до 500—800 м.

Особое положение занимает карст в известковых тufах, покровы которых площадью до 0,3 га и мощностью до 10 м распространены на склонах долин и балок на участках, сложенных карбонатными фациями казанского возраста. В известковых тufах развиваются карры, поноры, ниши и небольшие (длиной до 12 м) пещеры.

В кунгурских гипсах на глубине 25—50 м буровыми скважинами вскрыты карстовые полости до 6 м в попечнике. Все они приурочены к зонам вертикальной и горизонтальной циркуляции подземных карстовых вод. Ниже водоносного горизонта часто залегают массивные пластовые ангидриты, являющиеся водоупором. В некоторых местах выявлены погребенные карстовые формы, выполненные меловыми и неогеновыми отложениями. В каменноугольных отложениях палеокарст вскрыт скважинами до глубины 1200 м. Особенно закарстованы визейские и намюрские породы, где встречаются полости высотой, судя по провалам инструмента, до 3—6 и даже 12 м.

Дема-Уфимская карстовая провинция подразделяется на три карстовых округа: Бельско-Уршакский, Нижнебельский и Сакмаро-Илекский, объединяющие шесть карстовых районов.

*Бельско-Уршакский карстовый округ* охватывает междуречье Демы и Уршака, а также левобережье р. Белой, в низовьях Демы и Чермасана. В пределах округа два карстовых района: Чермасанский и Демский.

Чермасанский карстовый район расположен на левом берегу Белой. Карст наиболее интенсивно развит в восточной части района, у с. Жуково, где встречаются крупные карстовые воронки и озера (оз. Ибрашкино), приуроченные к гипсам кунгура.

Демский карстовый район занимает междуречье Демы и Уршака. Карстуются преимущественно гипсы нижней перми. Преобладают воронки, достигающие 30 м в диаметре и 15 м глубины.

*Нижнебельский карстовый округ* охватывает междуречье Уршака и Белой, а также правобережье Белой до границы с Уралом. В пределах округа два карстовых района: Симский и Стерлитамакский.

Симский карстовый район расположен на междуречье Уфы и Сима в северной части Рязано-Охлебининского вала. Карстуются гипсы и ангидриты кунгура. Карст весьма интенсивен. Воронки достигают 50 м в диаметре и 20 м глубины. Иногда они имеют сплошное распространение. Такое карстовое поле, известное под названием «страшное место», находится, например, на правом берегу р. Белой, близ устья р. Сим.

Характерны карстово-эрзационные лога и овраги. Крупный овраг имеется в с. Охлебинино. Длина его 500 м, ширина до 50 м. К исчезающим рекам относится Манчаза (правый приток Белой). По берегам рек встречаются сильно закарстованные отвесные гипсовые обрывы. Среди них выделяется Большой Колпак, расположенный на правом берегу р. Белой, у с. Охлебинино. Длина его 300 м, а высота до 100 м. К наиболее крупным пещерам относятся Куэшта и Охлебининская (длина 200 м). Пещера Куэшта расположена на правом берегу р. Сим, в 1,5 км к западу от д. Кузнецовки. Она образовалась в гипсах и ангидритах кунгура. Пещера сквозная. Длина основного коридора составляет 410 м, а общая протяженность всей пещеры 571 м. Самый большой грот — Кружковцев. Его длина 45 м, ширина 21 м и высота 6 м. По дну пещеры, преодолевая хаотическое нагромождение камней, медленно течет ручей, который в отдельных местах расширяется до 2,5 м и достигает глубины 0,7 м.

Стерлитамакский карстовый район занимает между-речье Белой и Уршака. Карстуются преимущественно гипсы и ангидриты кунгура. Карст весьма разнообразен и интенсивен, особенно в долинах рек Аургазы, Узень, Карламана, Селеука и Зигана. Карстовые воронки достигают 80 м в диаметре и 20 м глубины (Толбазы, Софиполь, Ибраево и др.). Они расположены обычно группами или вытянуты в цепочку. Части провалы. Так, весной 1940 г. в 1,5 км к югу от пос. Сахаево образовалось

9 провалов диаметром до 20 м. Встречаются карстовые колодцы диаметром 2—5 м и глубиной до 20 м. Особен-но широко они распространены на правом берегу р. Аур-газы, у д. Калчир-Бураново и в массиве Кызык-Таш. Во многих местах отмечены карстовые озера. К периодиче-ски (через 5—6 лет) исчезающим озерам относится оз. Урал, расположенное в 3 км от Толбазов. Длина его 150 м, ширина 60 м и глубина 5 м. На карстовых реках Аургаза, Карламан, Сухой Карламан образуются сухо-долы. Особенно интересна Аургаза, долина которой вре-зана в гипсы и ангидриты кунгура. На дне этой реки и склонах ее долины развиты воронки, провалы, колодцы, карры и пещеры. В пределах района описаны довольно крупные пещеры: Ишеевская (длина 800 м), Большая Курманаевская (длина 500 м) и Карламанская (длина 198 м). Ишеевская пещера находится на правом берегу р. Селеук, в 1 км от д. Ишеево. Она образовалась в гип-сах кунгура. Пещера состоит из четырех полостей, соеди-ненных одним ручьем и имеющих входы и выходы в одних и тех же карстовых воронках. Пещера, по-видимо-му, двухэтажная, общая длина ее около 800 м. Наиболее активно карст развит на Булгаковском, Верхнеузенском, Курманаевском, Толбазинском, Карламанском, Нижнези-лимском и Ишеевском участках.

*Сакмаро-Илекский карстовый округ* располагается на юге Приуралья. В его пределах выделяется два района: Якшимбетовский и Илецкий.

Якшимбетовский карстовый район охватывает между-речье Большой Кургазы и Большого Юшатыря, протяги-ваясь на север до низовьев Нукуса. Карстуются преиму-щественно сульфатные породы кунгура. Карст наиболее широко развит в долинах рек Большая Кургаза, Салмыш, Большой Юшатырь и Чебеньки, у деревень Верхнее Му-талово, Имангулово, Толкун, Красный Яр и Надеждинка.

В основном развиты карстовые воронки. Диаметр их не превышает 10—15 м, а глубина 5—15 м. На дне многих воронок находятся поноры. Карст отмечается также на водоразделе рек Белой и Нуруша в районе широтного их течения. Здесь встречаются воронки до 50 м в диаметре и 20 м глубины.

Илецкий карстовый район размещается в среднем течении р. Илек. Карстуются каменная соль, гипсы, ангидриты и мело-мергельные породы нижней перми и верхнего мела. Соляной карст приурочен к купольным структурам и особенно к Илецкому куполу, расположенному на водоразделе Большой Елшанки (правый приток р. Илек) и Песчанки (приток Малой Елшанки). Реки Малая Елшанка и Песчанка протекают непосредственно по соляному куполу и принимают активное участие в выщелачивании соляной залежи. Поверхность соляного купола сильно закарстована. Здесь широко развиты воронки, лога и блюдца. На обнажениях соляных скал отмечаются каверны, соляные зубья (кинжалы), карры и ниши. Наряду с поверхностным карстом отмечается подземный, как современный, так и древний. Зона наиболее интенсивной закарствованности приурочена к контакту сульфатных пород с каменной солью. В сульфатно-соленосной толще купола карст выявлен до глубины 350 м.

Наряду с каменной солью карстуются также писчий мел и мергели верхнего мела. Меловой карст, представленный оврагами, небольшими воронками и блюдцами, отмечен в окрестностях Соль-Илецка.

## **СРЕДНЕРУССКО-ПРИВОЛЖСКАЯ КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ**

Среднерусско-Приволжская карстовая область занимает южную половину Среднерусской и большую часть Приволжской возвышенностей, которые разделяются Окско-Донской равниной. В пределах области две карстовые провинции: Южно-Среднерусская и Приволжская.

**Южно-Среднерусская карстовая провинция** охватывает южную половину Среднерусской и Калачскую возвышенности.

Природные условия. Провинция расположена в пределах Воронежской антеклизы, в строении которой принимают участие два резко различных по своему харак-

теру структурных мегакомплекса: нижний, сложенный метаморфическими образованиями докембрия, и верхний, представленный спокойно залегающими осадочными отложениями платформенного чехла. Древние кристаллические породы на севере провинции, особенно на участке между городами Шигры и Павловск, близко подходят к поверхности. К югу кристаллический фундамент быстро погружается и у южной границы провинции, где Воронежская антиклиза переходит в Днепровско-Донецкую синеклизу, располагается на глубине 2000—3000 м и более. Магматические и метаморфические породы докембria перекрыты верхнемеловыми, палеогеновыми и неогеновыми отложениями. В комплекс верхнемеловых отложений входят писчий мел, мергели, а также опоки и трепела. Мело-мергельные породы обычно трещиноваты и пористы. Они разбиты системами вертикальных, круто наклонных и горизонтальных трещин шириной до 15 см. Мощность меловых пород увеличивается к югу, где она достигает 250 м. Палеогеновые образования представлены песчано-глинистыми отложениями, а неогеновые — преимущественно песками с прослойками глин. Мощность их увеличивается к югу от 1—2 до 50—60 м. Среди четвертичных отложений преобладают лёссовидные суглинки. На Калачской возвышенности хорошо сохранилась морена Днепровского ледника.

Рельеф — равнинный, пологоволнистый, типично эрозионный. Абсолютная высота поверхности водоразделов 220—250 м. Равнинная поверхность расчленена многочисленными глубокими долинами, балками и оврагами. Глубина вреза речных долин достигает 100 м и более. Крутые склоны их местами сложены меловыми породами и имеют вид белоснежных обрывов высотой до 30—50 м. Значительно распространены карстовые формы, большая часть которых приурочена к плакорным и пологосклоновым участкам, где имеются наиболее благоприятные условия для инфильтрации дождевых и талых снеговых вод. На склонах речных долин карстовые формы рельефа нередко вовлекаются в овражно-балочную сеть и теряют специфические черты карстовых образований.

Климат — континентальный. Годовое количество осадков составляет 450—550 мм. Зима довольно мягкая, мало-снежная. Средняя температура января —8,5, —9,5°. Высота снежного покрова увеличивается к северу от 0,3

до 0,5 м. Лето теплое, засушливое. Средняя температура июля 19—20°. Осадки теплого периода, играющие основную роль в развитии карста наряду с весенними талыми водами, составляют 300—400 мм.

Территория характеризуется значительной сухостью. Многие балки безводны. Грунтовые воды залегают обычно на большой глубине. Среди крупных рек выделяются Дон с притоками Потудань, Тихая Сосна, Черная Калитва, Оскол, Северский Донец, а также Сейм, Псек и Ворскла, относящиеся к бассейну Днепра. В долинах рек встречаются карстовые источники с дебитом до 30—60 л/сек. Особый интерес представляет Нижнекисляйский карстовый источник на междуречье Битюг-Осередь, в 2 км к востоку от пос. Нижний Кисляй. Он вытекает из меловой толщи у подножия склона балки. Вода жесткая. Дебит источника около 260 л/сек. Нижнекисляйский карстовый источник образует ручей шириной до 3 м и глубиной до 0,5 м. Озера встречаются редко. Это связано, с одной стороны, с расчлененностью территории, а с другой — с сухостью климата. Озерные котловины имеют преимущественно карстово-суффозионное, суффозионное и карстовое происхождение. Карстовые озера отмечены на водоразделе рек Котел-Убля, Сейм-Рать и на левобережье Псела к юго-востоку от с. Белое. Наиболее крупное из них находится на междуречье Богучарки и Левой Богучарки (в 3 км к северу от д. Титаревка). Это озеро имеет округлую форму. Длина его 380 м, ширина 350 м и глубина 1,5 м. Подземные воды, образующие постоянные горизонты в верхнемеловых и палеогеновых отложениях, залегают преимущественно на значительной глубине. В верхнемеловой толще водовмещающими породами служат писчий мел и трещиноватые мергели, а водоупорными — глинистые мергели. Глубина залегания подземных вод изменяется от 1—2 м в речных долинах до 100 м и более на водоразделах. Воды пресные, гидрокарбонатно-кальциевые с общей минерализацией до 1,2 г/л.

Северо-западная часть провинции располагается в лесостепной зоне, а юго-восточная — в степной. В лесостепи — серые лесные почвы и выщелоченные черноземы, в степи — обыкновенные и южные черноземы. Степи почти повсюду распаханы. Небольшие участки лесов сохранились лишь на возвышенных расчлененных водоразделах, обнаженных меловых склонах и в балках.

В южной половине Среднерусской возвышенности карстуются мело-мергельные породы верхнемелового возраста (турон, коньак, частично сантон).

Формы современного мелового карста Среднерусской возвышенности представлены каррами, понорами, воронками, блюдцами, котловинами, провальными колодцами и закарстованными трещинами. Преобладают небольшие воронки. Лишь в отдельных случаях воронки достигают 100 м в диаметре и 10—12 м глубины. Крупные воронки приурочены обычно к эрозионным формам рельефа. На плакорных участках встречаются блюдцеобразные воронки до 50 м в поперечнике и 4 м глубины. По исследованиям В. Б. Михно (1971), на долю блюдцеобразных воронок и блюдец приходится примерно 63% от общего количества карстовых образований. Котловины редки и развиваются на наиболее закарстованных участках.

Южно-Среднерусская карстовая провинция подразделяется на четыре карстовых округа: Сеймско-Осколский, Айдар-Деркульский, Калачский и Донской. Карстовые округа включают 16 карстовых районов.

*Сеймско-Осколский карстовый округ* охватывает, центральную часть Среднерусской возвышенности, расположенную между р. Сейм, Оскол, Тихая Сосна и Дон. Карстуется преимущественно чистый писчий мел. В округе семь карстовых районов: Свапа-Тускорьский, Рать-Кшеньский, Олым-Потуданьский, Сеймско-Пселский, Псеслско-Северскодонецкий, Средне- и Нижнеосколский.

*Айдар-Деркульский карстовый округ* располагается в южной части Среднерусской возвышенности. В его пределах выделяется четыре карстовых района: Доно-Белогорский, Верхнеайдарский, Осколо-Айдарский и Деркульский.

*Калачский карстовый округ* охватывает Калачскую возвышенность, между Доном и нижним течением Хопра. Карст развивается главным образом в пределах плакантиклиналей, характеризующихся повышенной трещиноватостью пород. В округе три карстовых района: Западно-Калачский, Центрально-Калачский и Восточно-Калачский.

Западно-Калачский карстовый район находится между реками Дон и Толучеевка. Карст представлен преимущественно воронками и блюдцами. На выходах мела у пос. Нижний Кисляй отмечены карры глубиной до 2 см.

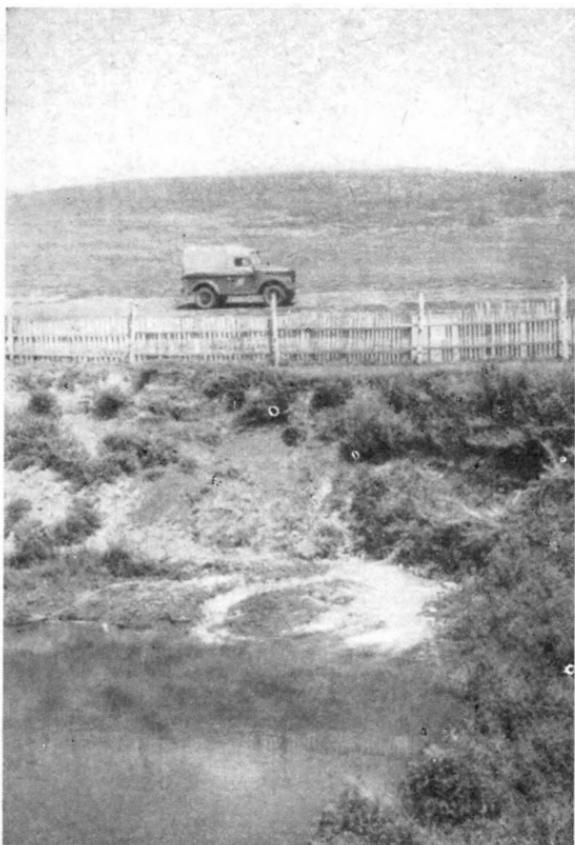


Рис. 15. Нижнекисляйский карстовый источник

Здесь же в меловом карьере была вскрыта карстовая пещера длиной 7 м, высотой 1,5 м и шириной 2 м. Встречаются крупные карстовые источники (рис. 15). Широко развиты древние карстовые воронки, котловины и колодцы, выполненные песчано-глинистыми отложениями. Среди них наиболее интересны колодцы диаметром 0,4—1,0 м и глубиной около 10 м. Плотность их в некоторых местах составляет 5—10 на 100 м<sup>2</sup>.

Центрально-Калачский карстовый район занимает центральную часть Калачской возвышенности, расположенную между Толучеевкой и Песковаткой. Карст представ-

лен как поверхностными, так и погребенными формами. В некоторых местах (с. Манино, хутор Лобачи) писчий мел полностью растворен и перекрывающие его опоки сантона и песчано-глинистые отложения палеогена залегают на сеноманских песках.

Восточно-Калачский карстовый район занимает юго-восточную часть Калачской возвышенности, между Хопром, Доном и Песковаткой. Карст отмечен на участке, расположенном к югу от ст. Усть-Бузулукская.

*Донской карстовый округ* охватывает Донскую (Восточно-Донскую) гряду, расположенную на юго-востоке Среднерусской возвышенности между Доном, Чиром и Калитвой. В пределах округа выделяется два карстовых района: Западно-Донской и Восточно-Донской, граница между которыми проходит по рекам Чир и Тихая. Карст Донской гряды до последнего времени недостаточно исследован. В восточной части гряды он отмечен в пределах Верховской брахиантклинали, где на правом склоне р. Перекопки (правый приток Дона) в известняках верхнего карбона развиты карры, имеющие вид неглубоких (0,1—0,5 м) борозд.

**Приволжская карстовая провинция** занимает большую часть Приволжской возвышенности. Провинция располагается в пределах Ульяновско-Саратовской антеклизы и частично Токмовского свода, где древний кристаллический фундамент залегает на глубине 1000—1500 м. Территория сложена песчаниками, глинами, мелом и мергелями юрского, мелового, палеогенового и неогенового возраста. В пределах Доно-Медведицкого вала и Саратовских дислокаций на поверхность выходят известняки карбона. Четвертичные отложения представлены маломощными элювиальными и элювиально-делювиальными суглинками.

Рельеф — волнисто-увалистый, типично эрозионный. Абсолютная высота поверхности достигает 330—380 м. Выделяются несколько разновозрастных поверхностей выравнивания, которые чередуются с довольно узкими и глубокими долинами. Поверхность расчленена многочисленными оврагами и балками. Особенно много оврагов на крутом восточном склоне Приволжской возвышенности. Развиты карстовые формы. Вдоль берегов крупных рек отмечаются участки оползневого рельефа.

Климат — континентальный, с умеренно холодной зимой и теплым летом. Средняя температура января —10,

—12°, а июля 20—24°. Годовое количество осадков изменяется от 250 до 400 мм. Случающиеся в летнее время ливни благоприятствуют развитию эрозионных процессов. Высота снежного покрова увеличивается с юга на север от 0,3 до 0,5 м.

К крупным рекам относятся Сура, Терешка, Медведица и Иловля. Подземные воды в четвертичных, неогеновых и палеогеновых отложениях залегают на небольшой глубине. Обычно они слабо минерализованы. Наибольшее значение для развития карстовых процессов имеют подземные воды в верхнемеловых отложениях, которые частью пропитывают массу мела, а частью циркулируют по системе крупных, но редких трещин в мелу. Эти воды выходят на поверхность многочисленными источниками, дебит которых достигает 40 л/сек. Они отличаются гидрокарбонатно-кальциевым составом и небольшой минерализацией. В нижнемеловых и юрских отложениях водоносные горизонты приурочены к песчано-глинистым толщам.

Северная половина провинции располагается в лесостепной зоне, а южная — в степной. В лесостепной зоне распространены преимущественно дубовые леса, под которыми развиваются дерново-подзолистые и серые лесные почвы, а также выщелоченные черноземы. Лесистость довольно высокая, хотя леса в значительной мере вырублены и заменены пашнями. В балках и поймах рек находятся луга. В степной зоне растительность представлена разнотравно-типчаково-ковыльными и типчаково-ковыльными степями с редкими островками дубрав. Развиты преимущественно обыкновенные и южные черноземы, а также темно-каштановые почвы. В южных частях провинции значительно распространены солонцеватые почвы и солонцы. Степи почти повсюду распаханы.

Карст Приволжской возвышенности исследован крайне слабо. Карстуются преимущественно писчий мел и мергели верхнего мела, а также известняки и доломиты карбона. Карстовые формы представлены небольшими воронками, котловинами, колодцами и суходолами, которые приурочены обычно к положительным тектоническим структурам и эрозионным врезам.

Приволжская карстовая провинция делится на два карстовых округа — Сурско-Терешкинский и Медведицкий, а также пять карстовых районов.

*Сурско-Терешкинский карстовый округ* занимает се-

верную часть Приволжской возвышенности. Он подразделяется на три карстовых района: Среднесурский, Верхнесвияжский и Терешкинский.

В Среднесурском и Верхнесвияжском карстовых районах карстуются меловые отложения верхнего мела. Карстовые воронки и замкнутые котловины отмечены в бассейнах рек Сура, Барыш, Сельдь, Сызрань, в верховьях Свияги и Усы. Воронки достигают 20—50 м в диаметре и 10—15 м глубины. Наибольший интерес представляют обширные (до 1 км в диаметре и 15 м глубины) блюдцеобразные котловины, образовавшиеся путем вмывания в толщу карстующихся пород вышележащих рыхлых песчано-глинистых отложений. В долинах рек встречаются карстовые источники, дебит которых достигает 25—40 л/сек. Такие источники находятся к востоку от с. Артюшкино и в верховье р. Борлы (левый приток р. Усы). У сел Рамено и Архангельское выявлен древний погребенный карст. Здесь же на глубине 100—200 м вскрыты не заполненные осадками карстовые полости.

Терешкинский карстовый район охватывает верхнюю и среднюю части бассейна р. Терешки. Карстуется писчий мел верхнемелового возраста. Карстовые воронки и провалы описаны в долинах рек Терешка, Избалык и Ардоватъ. Воронки имеют диаметр до 20 м и глубину до 7 м. Чаще всего они вытянуты вдоль склонов долин рек. Близ с. Белый Ключ (долина Ардовати) встречаются воронки до 70 м в диаметре и 25 м глубины. В верховьях рек Избалык (правый приток Терешки) и Ломовка (приток р. Каслей-Кадады) отмечаются суходолы.

*Медведицкий карстовый округ* располагается в южной части Приволжской возвышенности. Он делится на два карстовых района: Терский и Иловлянский.

В Иловлянском карстовом районе карстуются меломергельные отложения верхнего мела, а также известняки и доломиты верхнего и частично среднего карбона. Карст приурочен главным образом к антиклинальным структурам и тектонически нарушенным зонам. Небольшие (до 5 м глубины) воронки и провалы мелового карста отмечены, в частности, у с. Полунино. Карст развит также на Арчединской антиклинали, где на поверхность выведены известняки карбона. Южная часть Арчединской антиклинали прорезана балкой Паникой, которая имеет длину более 30 км. Ниже с. Новая Паника балка врезает-

ся в известняки среднего карбона (мячковский, подольский горизонты). Здесь расположены две крупные карстовые воронки диаметром 20—25 м и глубиной 3—6 м. В одной из воронок имеется понор. Река Арчеда у г. Фролова, где она прорезает Арчединскую структуру, совершенно пересыхает, что связано с большой инфильтрацией вод в сводовой части антиклинали, сложенной трещиноватыми известняками карбона.

Погребенный карст изучен слабо. Буровыми скважинами в каменноугольных отложениях выявлены полости до 20 м высоты. К востоку от сводовой части Доно-Медведицкого вала, в связи с увеличением мощности водонепроницаемых глинистых толщ триаса и юры, степень закарстованности каменноугольных пород уменьшается.

## ДЕСНИНСКО-ПРИПЯТСКАЯ КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ

Деснинско-Припятская карстовая область занимает территорию к западу от Среднерусской возвышенности. В ней выделяются две карстовые провинции: Днепровско-Деснинская и Припятско-Неманская.

**Днепровско-Деснинская карстовая провинция** охватывает территорию в бассейнах Верхнего Днепра и Десны. В структурном отношении она располагается в переходной зоне между Воронежской и Белорусской антеклизами. Кристаллический фундамент залегает на глубине 500—1000 м. Территория сложена преимущественно породами верхнего мела и палеогена. Меловые отложения представлены мелом, мергелями, опоками, трепелами и кварцево-глауконитовыми песками, а палеогеновые — глауконитовыми песками, мергелями и глинами. Они перекрываются относительно маломощными четвертичными моренными и флювиогляциальными отложениями, а также лёссовидными суглинками. Провинция представляет собой плоскую аллювиально-зандровую равнину, с эрозионными, эоловыми и карстовыми формами рельефа. Климат — умеренно континентальный; зима нехолодная, лето относительно теплое. Средняя температура января —8°, а июля 18°. В течение года выпадает 500—600 мм осадков. К крупным рекам относятся Днепр, Сож и Десна, имеющие преимущественно снеговое питание. На серых лесных и дерново-подзолистых почвах распространены широколиственные, елово-широколиственные и сосновые леса.

В пределах провинции карстуются писчий мел и мергели верхнего мела. Среди поверхностных карстовых форм преобладают воронки и блюдцеобразные понижения. Воронки характеризуются обычно небольшими размерами. Лишь некоторые наиболее крупные из них достигают 80—90 м в диаметре и 40—45 м глубины. Местами территория сплошь покрыта блюдцеобразными карстовыми провалами. Первоначально многие молодые провалы имеют форму колодцев. Однако склоны их быстро выполаживаются и они превращаются в воронки. Частые провальные явления и интенсивное поглощение поверхностных вод карстовыми образованиями указывают на активное развитие в некоторых районах подземного карста.

Днепровско-Деснинская карстовая провинция подразделяется на 2 карстовых округа (Верхнеднепровский и Брянский) и 10 карстовых районов.

*Верхнеднепровский карстовый округ* занимает западную часть провинции. В него входят четыре карстовых района: Друтский, Пронянский, Климовичский и Беседский. В Беседском районе отмечено широкое распространение карстовых воронок на террасах рек Сож, Беседь и Ипуть.

*В Брянском карстовом округе*, охватывающем бассейн Десны в ее верхнем и среднем течении, насчитывается шесть карстовых районов: Надвинский, Судостинский, Ревдинский, Нерусский, Ивоткинский и Клевенский.

Надвинский карстовый район расположен в верховьях р. Десны. Карстуются мел и мергели верхнего мела. Карст исследован в долинах рек Десна, Остер, Ветьма, Надва и Судость. Особенно активен карст у селений Остров, Каналь, Хотмирово, Радичи, Клетня и Жирятино, где встречаются карстовые воронки до 30 м в диаметре и 10 м глубины. На левом берегу Десны, между Жуковкой и Брянском, отмечены карстовые озера, достигающие 800 м в диаметре и 40 м глубины. К ним относятся Круглое, Бездонное и Святое, имеющие более или менее правильную овальнную или округлую форму.

Клевенский карстовый район охватывает междуречье Сейма, Сваны и Клевени. Наиболее благоприятны условия для развития карста на левобережье Клевени, где трещиноватый мел, перекрытый преимущественно водо-проницаемыми крупнозернистыми песками, близко подходит к поверхности. Развиваются карстовые и карстово-суф-

физионные воронки, блюдца и котловины. Диаметр их изменяется от 2 до 300 м, а глубина от 1 до 5 м. Наибольшая плотность карстовых образований (до 50 форм на 1 км<sup>2</sup>) наблюдается у сел Локоть и Больше-Гнеушево. В связи с неглубоким врезом рек (Клевень, Обеста, Амонька) многие карстовые воронки и котловины заболочены.

**Припятско-Неманская карстовая провинция** охватывает Белоруссию и Северо-Западную Украину. В геоструктурном отношении провинция находится в пределах Белорусской антеклизы и Припятского прогиба. Древний кристаллический фундамент залегает на глубине 200—500 м. ТERRитория сложена мело-мергельными породами верхнего мела и песчано-глинистыми отложениями палеогена, которые перекрыты четвертичными моренными, флювиогляциальными и аллювиальными образованиями.

Рельеф — разнообразный. Возвышенные участки чередуются с плоскими заболоченными низинами. Средняя высота поверхности 150—200 м. Наибольшие высоты (до 410 м) отмечаются на Волынской возвышенности. Широко распространены эрозионные и карстовые формы рельефа.

Климат — умеренно континентальный, с мягкой зимой и теплым летом. Средняя температура января —5°, а июля 18°. Годовое количество осадков составляет 600—700 мм. Провинция располагается в подзоне смешанных лесов. В северной части территории под хвойно-широколиственными лесами развиваются преимущественно дерново-подзолистые почвы, а в южной — серые лесные и выщелоченные черноземы. Широко распространены болота.

Карстуются преимущественно писчий мел и мергели верхнего мела. Карст представлен воронками, блюдцами и котловинами. Встречаются воронки до 40—100 м в диаметре и 15—20 м глубины, а диаметр отдельных котловин достигает 300 м. Преобладают, однако, небольшие воронки. Плотность их в некоторых местах (у с. Гоши) составляет 10 на 1 км<sup>2</sup>. Многие воронки заполнены водой или заболочены. Интересны озера, питающиеся восходящими карстовыми источниками. Самый крупный из них описан П. А. Тутковским (1899) у с. Оконки (Маневичский карстовый участок). Он вытекает из карстовой воронки, склон которой сложены писчим мелом. Источник образует

речку Оконку длиной около 50 км. Буровыми скважинами в верхнемеловых породах выявлены крупные погребенные карстовые котловины, достигающие в длину несколько километров и глубины 60—90 м. Они выполнены палеоген-неогеновыми отложениями.

Припятско-Неманская карстовая провинция подразделяется на три карстовых округа: Волынский, Полесский и Белорусский, которые в свою очередь делятся на семь карстовых районов: Верхнебугский, Кременецкий, Верхнеприпятский, Стоходский, Горынский, Неманский и Бerezинский и 20 карстовых участков.

## **ПРИДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКАЯ КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ**

Приднепровско-Донецкая карстовая область охватывает Приднепровскую низменность и Донецкий кряж. В нее входят две карстовые провинции: Приднепровская и Донецкая.

**Приднепровская карстовая провинция** занимает Приднепровскую низменность и частично киевское Полесье на правобережье Днепра.

В геоструктурном отношении провинция находится в пределах Днепровско-Донецкой впадины, расположенной между Украинским, Воронежским и Белорусским кристаллическими массивами. На юго-востоке впадина ограничена складчатыми сооружениями Донецкого кряжа. Слоны впадины, сложенные сильно дислоцированными докембрийскими породами, постепенно погружаются внутрь депрессии до зоны краевых разломов, ограничивающих Днепровско-Припятский грабен, занимающий центральную часть впадины. Осадочные образования палеозоя, мезозоя и кайнозоя на склонах впадины достигают мощности 2000—3000 м, а в пределах грабена — до 6000 м.

Для краевых частей грабена характерна интенсивная нарушенность фундамента системой разломов северо-западного направления, сильная дислоцированность осадочной толщи и широкое развитие диапировых солянокупольных структур, часть которых выходит на поверхность (Дмитриевская, Роменская, Синевская, Логовиковская, Поздняковская, Исачковская и Ромодановская). Соляно-

купольные структуры, достигающие в верхней части 5—12 км длины и 3—5 км ширины, сложены каменной солью, включающей прослои известняков, мергелей, глин, ангидритов и песчаников. На вершинах соляных куполов располагается гипсово-ангидритовая толща мощностью до 50 м, которая перекрывается брекчией, образовавшейся за счет выщелачивания соленосных пород. Соляная тектоника отмечается также в северо-западной части впадины, выделяемой под названием Припятского прогиба, и в юго-восточной, примыкающей к Донецкому кряжу, где с девонскими отложениями связаны мощные накопления галогенных осадков, находящихся, однако, на большой (до 1500—2500 м) глубине.

Рельеф — равнинный. Глубина расчленения поверхности не превышает 50—60 м. В некоторых местах среди равнины поднимаются сравнительно невысокие холмы, связанные с солянокупольными структурами. Холм высотой более 50 м, расположенный в 15 км к северо-востоку от г. Лубны, приурочен к Исачковскому соляному куполу. Широко развиты эрозионные формы рельефа, а на нижних террасах рек — эоловые. Климат — умеренно континентальный. Средняя температура января  $-8^{\circ}$ , а июля  $19^{\circ}$ . Годовое количество осадков 500—600 мм. Растительность разнообразна. На северо-западе распространены хвойно-широколиственные леса, а на юго-востоке — степные сообщества.

В провинции карстуются мело-мергельные породы верхнего мела, а также каменная соль, гипсы и ангидриты девона, которые в местах развития диапировых структур иногда выходят на поверхность. Наиболее интенсивное развитие карстовых процессов проходило в неоген-четвертичное время, когда наступил общий подъем территории. Интенсивное выщелачивание каменной соли привело к образованию на соляных куполах мощных толщ брекций. В сводовых частях соляных возвышенностей выделяются крупные древние карстовые впадины, выполненные неогеновыми и четвертичными отложениями. Одна из таких впадин отмечена на Буромской возвышенности. Длина ее 9 км, ширина 3 км и глубина 11 м. Карст особенно широко развит на Роменском и Исачковском куполах.

Приднепровская карстовая провинция делится на два карстовых округа: Западно-Приднепровский и Восточно-Приднепровский, которые в свою очередь подразделяются

на четыре карстовых района: Удайский, Хоролский, Полтавский, Коломакский и 14 карстовых участков.

**Донецкая карстовая провинция** охватывает Донецкий кряж и примыкающее к нему равнинное пространство.

Донецкий кряж представляет собой герцинское складчатое сооружение, сложенное сильно дислоцированными породами палеозоя. Палеозойские образования во многих местах перекрыты мезозойскими, преимущественно песчано-глинистыми отложениями, на которых залегают сравнительно маломощные четвертичные лессовидные суглинки. Северная часть Донбасса, расположенная между Воронежским кристаллическим массивом и Донецким кряжем, в структурном отношении является сложнопостроенной синклинальной зоной, выполненной мощной толщей верхнепалеозойских и мезозойских осадочных отложений. Эту территорию выделяют в качестве Преддонецкого краевого прогиба, который характеризуется резко выраженным асимметричным строением, причем наиболее глубокая осевая часть прогиба смешена к югу, в сторону складчатых сооружений Донбасса. В осадочных отложениях развиты флексуры, приуроченные к разломам кристаллического фундамента.

В западной части прогиба находится Бахмутская котловина, выполненная мощной (до 2500 м) толщей пермских образований, в комплексе которых выделяется галогенная формация, имеющая, очевидно, сакмарский возраст. Соленосная свита представлена серией пластов каменной соли, чередующихся со слоями ангидрита, а иногда соленосных глин. В разрезе соленосной толщи прослеживается от 7 (г. Новый Карфаген) до 26 (г. Артемовен) пластов и слоев каменной соли общей мощностью 33—220 м, при толщине отдельных пластов 0,3—42 м. Значительные колебания мощности (от 0,1 до 30 м) испытывают также чередующиеся с пластами каменной соли слои ангидрита и соленосных глин. На соленосной толще залегают гипсово-ангидритовые и песчано-глинистые породы, формирующие так называемую гипсовую «шляпу» мощностью 10—215 м, которая в свою очередь перекрывается красноцветной толщей верхней перми. Палеозойские и мезозойские породы разбиты тектоническими трещинами северо-западного и северо-восточного направлений. Рельеф — возвышенный, увалисто-холмистый, расчлененный. Абсолютная высота поверхности 250—300 м. Климат —

умеренно континентальный. Средняя температура января —7°, а июля 22°. Годовое количество осадков 550 мм. Распространена степная растительность, развитая преимущественно на выщелоченных черноземах. Возвышенные участки заняты дубовыми лесами. Следовательно, ландшафт относится к лесостепному типу.

Карстуются карбонатные, сульфатные и галоидные породы каменноугольного, пермского и мелового возраста. Карст Донбасса представлен разнообразными поверхностными и подземными формами. Буровыми скважинами выявлены древние погребенные карстовые образования, достигающие иногда больших размеров. На интенсивность современных карстовых процессов существенное влияние оказывают антропогенные факторы, особенно на участках подземной добычи каменной соли.

Донецкая карстовая провинция делится на два карстовых округа: Западно-Донецкий и Восточно-Донецкий, которые в свою очередь подразделяются на четыре карстовых района и 14 карстовых участков.

*Западно-Донецкий карстовый округ* охватывает западную половину Донбасса. В него входят два карстовых района: Бахмутский и Волновахинский.

Бахмутский карстовый район занимает северо-западную часть Донбасса. Карстуются каменная соль, гипсы и ангидриты нижней перми. Карстовые процессы в каменной соли особенно интенсивно развиваются в окрестностях городов Славянска, Артемовска, Покровского, Володарского, Красной Горы, Деконского и Нового Карфагена, где соляные отложения выходят на поверхность или залегают близко от нее. Добыча соли методом подземного выщелачивания резко усиливает естественные карстовые процессы, ведет к проседанию и обрушению вышележащих нерастворимых пород, а также к образованию поверхностных и подземных карстовых форм. Поверхностные формы представлены воронками, провалами, котловинами, слепыми логами, глубокими трещинами и обширными мульдами оседания. Плотность карстовых воронок, достигающих иногда 30—40 м в диаметре и 15 м глубины, изменяется от 1—2 (Славянск) до 90 (Новый Карфаген) на 1 км<sup>2</sup>. Длина мульд оседания, развивающихся на солепромыслах, составляет 0,5—1 км, а глубина 5—7 м. Скорость оседания дна в центральных частях мульд доходит до 200—285 мм/год. Вдоль края карстовых котловин и

мульд в несколько рядов располагаются зияющие концентрические трещины шириной до 0,5 м. В некоторых местах карстовые понижения заполнены водой и образуют озера. Самое крупное из них разместилось в огромной котловине на месте бывшего рудника им. Шевченко, где во время Великой Отечественной войны, в связи с затоплением рудника, обрушилась поверхность земли на площади около 60 000 м<sup>2</sup>. Высота подземных естественных полостей, выявленных в верхней части соляной толщи, составляет 3—3,5 м, а подземных полостей, созданных искусственным выщелачиванием соли,— 15—20 м и более.

Карстовые процессы развиваются также в перекрывающихся соляные отложения гипсах и ангидритах. Особенно широкое распространение они имеют на Покровском и Пшеничном месторождениях гипса, где сульфатные образования выходят на поверхность. Поверхностные карстовые формы представлены здесь воронкообразными понижениями и типичными воронками просасывания, расположенным в некоторых местах цепочками. В забоях вскрыты полости высотой до 20 м. Древние подземные карстовые полости обычно выполнены песчано-глинистым материалом, содержащим обломки доломитов и гипса.

Интенсивное развитие карстовых процессов у Славянска, Артемовска, Нового Карфагена и в других частях Бахмутской котловины является причиной внезапных провалов и плавных просадок земной поверхности.

Волновахинский карстовый район расположен преимущественно на правобережье р. Кальмиус, в бассейне Сухой и Мокрой Волновахи. Карстуются известняки и доломиты нижнего карбона. Поверхностные карстовые формы представлены воронками, понорами и суходолами. В долине р. Сухая Волноваха (у с. Стыла), в верховье балки Мандрыкина и на левом берегу р. Кальмиус, на поверхности обнажающихся карбонатных пород наблюдаются карры. Воронки встречаются относительно редко и имеют в основном небольшие размеры. Отмечаются молодые провалы. Один из них, образовавшийся в 1961 г. у пос. Кипучая Криница, имел длину 28 м и глубину 8 м. Широко распространены суходолы. Река Сухая Волноваха безводна на протяжении 25 км. Интересны восходящие карстовые источники. Наиболее крупный — Кипучая Криница — имеет дебит 170 л/сек. Развиты небольшие (до 15 м длины) пещеры. Они иногда вскрываются карьерами при



Рис. 16. Вход в карстовую пещеру, вскрытую при разработке карбонатных пород на Докучаевском карьере

разработке известняков и доломитов (рис. 16). Буровыми скважинами до глубины 200 м выявлены древние погребенные карстовые образования — крупные карстовые воронки, колодцы и полости, выполненные песчано-глинистыми отложениями и обломками коренных пород. Некоторые воронки достигают 150 м в поперечнике и 30—60 м глубины. На Докучаевском известняково-доломитовом карьере был найден колодец шириной 1,5 м и глубиной 10 м, а в карьере у с. Раздольное вскрыта полость длиной

более 500 м и поперечником до 4 м, заполненная крупно-зернистым песком. Особое положение занимают древние карстовые останцы, обнаруженные при снятии рыхлых кайнозойских отложений. Их высота 20—30 м.

*Восточно-Донецкий карстовый округ*, находящийся на востоке Донецкого кряжа, делится на два карстовых района: Тузловский, где карстуются мело-мергельные породы верхнего мела, и Краснодонский, в угольных шахтах которого в известняках среднего карбона выявлены крупные (до 6 м высотой) подземные карстовые полости, приуроченные к тектоническим нарушениям и трещиноватым зонам.

## МОЛДАВСКО-УКРАИНСКАЯ КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ

Молдавско-Украинская карстовая область располагается в южной части Русской равнины, охватывая Подольскую и Приднепровскую возвышенности, а также Причерноморскую низменность. В ее пределах выделяются три карстовые провинции: Подольско-Молдавская, Причерноморская и Украинская.

**Подольско-Молдавская карстовая провинция** размещается на крайнем юго-западе Русской равнины, захватывая в основном Подольскую возвышенность.

Территория отличается довольно сложным геологическим строением. Восточная часть ее представляет собой юго-западный склон Украинского кристаллического массива, сложенного рифейскими и нижнепалеозойскими породами, моноклинально залегающими на глубокометаморфизованных породах рифея. Западнее линии Кременец—Теребовля—Устечко, где в осадочном чехле отмечается пологая флексура, связанная с глубинным разломом, фундамент платформы резко опускается и образует Галицко-Волынскую впадину, основание которой сложено рифейскими породами. Мощность осадочного чехла, представленного песчано-глинистыми, карбонатными и галогенными отложениями палеозоя, мезозоя и кайнозоя, постепенно увеличивается к западу и достигает наибольших значений в центральной части Галицко-Волынской впадины (4000–4500 м).

Наиболее древние породы осадочного чехла — глинистые сланцы, известняки и песчаники силура и девона — в пределах впадины находятся на глубине 1000—1200 м,

тогда как в восточных частях территории они выходят на поверхность. На силурийских и девонских образованиях залегают известняки, мергели и песчаники юры и верхнего мела. Верхнемеловые отложения мощностью 900 м формируют в западной части территории Львовскую мульду, ось которой совпадает с наиболее погруженными участками Галицко-Волынской впадины. Верхнюю часть осадочной толщи слагают сильно трещиноватые и значительно закарстованные породы неогена.

Коренные породы от докембрая до сармата разбиты двумя системами тектонических трещин. В некоторых местах встречаются зияющие трещины с неровными стенками, которые особенно характерны для сарматских известняков. Наряду с тектоническими трещинами развиты трещины выветривания и трещины механической разгрузки.

В гидрогеологическом отношении территория относится к Волыно-Подольскому артезианскому бассейну, в пределах которого по условиям формирования и динамики подземных вод выделяются две области: область свободного водообмена с безнапорным движением подземных вод, охватывающая юго-западную окраину Русской равнины, и область затрудненного водообмена с напорным движением подземных вод, приуроченная к контакту платформы и прогиба. Питание водоносных горизонтов связано с инфильтрацией атмосферных осадков. Дренаж поверхности осуществляется Днестром и его многочисленными притоками.

Подземные воды встречаются во всех развитых здесь породах. Для верхнетортонских известняков и гипсов, расположенных в условиях активного водообмена, характерны азотно-кислородные гидрокарбонатно-кальциевомагниевые (с минерализацией 0,6—0,8 г/л) и сульфатно-кальциевые (с минерализацией 1,8—2,0 г/л) воды, а затрудненного — напорные сульфатно-кальциевые сероводородные воды трещинно-карстового типа. Наиболее обводнены ратинские известняки. В районах их распространения дебит источников достигает 30—40 л/сек. Нижнетортонские литотамниевые известняки и песчаники обводнены пресными азотно-кислородными гидрокарбонатно-кальциевомагниевыми водами. Воды нижнетортонских отложений в районе перехода Русской платформы в Предкарпатский прогиб становятся сульфатно-кальциевыми с минерализацией 2—3 г/л и обогащаются сероводородом

(до 100 мг/л). В меловых отложениях буровыми скважинами и колодцами вскрыты хлоридно-натриевые воды повышенной минерализации. Общая минерализация вод мелового водоносного горизонта увеличивается в юго-западном направлении и в зоне контакта платформы и прогиба достигает 40 г/л. Воды юрских отложений на глубинах 300—350 м обычно имеют сульфатно-натриевый состав. Глубже они сменяются хлоридно-натриевыми с более высокой общей минерализацией, доходящей на глубине 650—700 м до 100 г/л.

По устройству поверхности провинция представляет собой равнину, приподнятую на высоту 300—400 м над уровнем моря. Поверхность наклонена к югу и юго-востоку. Она сильно расчленена многочисленными левыми притоками Днестра, долины которых строго параллельны. Друг другу и генетически связаны с тектоническими структурами Подольского плато. Глубина вреза долин в выровненную поверхность достигает 50—150 м, что определяет формирование узких, местами каньонообразных, долин, рассекающих территорию на плоские междуречные гряды, вытянутые с севера на юг. Сильная расчлененность территории и наличие меридионально вытянутых водораздельных гряд создают благоприятные условия для развития карстовых процессов.

Климат — слабо континентальный. Зима малоснежная. Средняя температура января изменяется от  $-4^{\circ}$  на западе до  $-6^{\circ}$  на востоке. Высота снежного покрова составляет 0,2 м, а продолжительность его залегания 75—90 дней. Лето теплое и влажное. Средняя температура июля увеличивается к востоку от 18 до  $20^{\circ}$ . За год выпадает 550—700 мм осадков, причем на теплый период приходится 400—450 мм. Наибольшей агрессивностью отличаются ливневые и талые суглевесовые воды, содержащие до 20 мг/л углекислоты.

Речная сеть в связи с развитием карста несколько разрежена. Режим многих левых притоков Днестра характеризуется естественной зарегулированностью, снижением максимальных расходов, повышением стока в межень и растянутыми паводками. Поверхностный сток уменьшается к востоку от 250 до 80 мм, что связано с особенностями распределения атмосферных осадков, изменением мощности карстующихся пород и степени их трещиноватости. На юго-западной окраине Русской равнины встре-

чается значительное число озер, многие из которых карстово-эрозионного происхождения, а также источников.

По характеру почвенного и растительного покрова рассматриваемая территория относится к лесостепной зоне. Здесь распространены широколиственные буковые, дубовые и дубово-грабовые леса, которые занимают в основном наиболее возвышенные участки водоразделов. Они произрастают на серых лесных почвах и отличаются богатством видового состава. В последнее время площади лесов, в связи с большими рубками, значительно сократились. Степные участки, развивавшиеся на черноземах, повсюду распаханы и превращены в поля. В долинах рек на дерново-глеевых почвах распространена кустарниковая и луговая растительность.

На юго-западной окраине Русской равнины карст развивается в сульфатных и карбонатных породах неогена. Особенно интенсивно закарстованы гипсы и ангидриты верхнего тортона.

Карстовые формы в тортонских гипсах представлены воронками, блюдцами, котловинами, понорами, колодцами, каррами, суходолами, нишами и пещерами. Преобладают воронки просасывания и провальные диаметром 40—60 м и глубиной 15—20 м. Воронки выщелачивания, развитые в местах выхода на поверхность сульфатных образований, отличаются сравнительно небольшими размерами. Карстовые воронки распределены крайне неравномерно. На наиболее закарстованных участках насчитывается до 100—200 воронок на 1 км<sup>2</sup>, а местами до 400 (около населенных пунктов Городенка, Униж, Чортовец, Окно). На дне воронок встречаются поноры и зияющие трещины, поглощающие поверхностные воды. Некоторые воронки заполнены водой и представляют собой озера (к юго-западу от г. Борщов и в окрестностях с. Тышковцы).

Особый интерес представляют пещеры, являющиеся крупнейшими в мире карстовыми полостями в сульфатных отложениях. Среди них выделяются Оптимистическая, Озерная, Крывченская, Млынки и Вертеба. Все они расположены на междуречье Серет—Збруч, представляющем собой сильно расчлененную выровненную поверхность, приподнятую над Днестром на высоту 150—250 м. Пещеры заложены в гипсовой толще, которая обычно закарстована до подстилающих ее литотамниевых известняков и перекрывающих ратинских известняков.

Подольско-Молдавская карстовая провинция подразделяется на два карстовых округа: Подольский и Молдавский и 13 карстовых районов.

*Подольский карстовый округ*, охватывающий западную часть провинции, включает 10 карстовых районов.

В Немировско-Нестеровском карстовом районе карстовые процессы наиболее активны в зоне контакта платформы и Предкарпатского прогиба. Здесь карстуются известняки и частично гипсы тортона. Лучше всего карст изучен на Немировском участке, где наряду с карстовыми воронками отмечены крупные подземные полости (до 6—9 м в поперечнике).

В пределах Львовско-Бучачского карстового района наиболее закарстованы известняки на водоразделах рек Нараивка — Бибелка, Бибелка — Золотая Липа, Золотая Липа — Коропец. На водоразделе Бибелка — Золотая Липа плотность карстовых воронок превышает 60 на 1 км<sup>2</sup>. Значительно закарстованы известняки на Переволокском участке. У с. Переволоки, на правом берегу р. Стырь, расположена Травертиновая пещера длиной около 250 м.

В Чортково-Орининском карстовом районе карстуются преимущественно известняки тортона. Карст отмечен в разных местах, в том числе на междуречье Смотрич-Мукша, где развиты пещеры.

В Толтринском карстовом районе Толтры представляют собой неширокую (5—6 км) возвышенную гряду, протягивающуюся в юго-восточном направлении от пос. Подкамень до р. Прут и сложенную органогенными и обломочными известняками верхнетортонаского и сарматского возраста верхнего миоцена.

В пределах Толтров широко распространены карстовые формы — воронки, котловины, блюдца, колодцы, карры, ниши и пещеры. Особенно интенсивно карст развит между селом Хроповаты и горой Чемеринцы, селами Гуменицы и Цапивка, Озеряны и Зарваница, а также к югу от Бричан. Здесь наряду с воронками встречаются впадины до 150 м в диаметре и 18 м глубиной. Широко распространены воронки в окрестностях с. Караковицы. Близ Хроповаты отмечены колодцы диаметром 1—1,5 м.

На территории Ходорово-Коропецкого карстового района карстуются гипсы и известняки тортона. Карст в гипсах отмечен на Ходоровском, Рогатинском и других участках.

В Золотники-Устечском карстовом районе карстуются гипсы и известняки тортона. Карст значительно распространен, особенно в южной части.

Серетско-Нижнебручский карстовый район занимает междуречье Серета и Збруча в их нижнем течении, а также южную часть правобережья Серета. Карст развит в сульфатных и карбонатных верхненеогеновых отложениях. Особенно сильно закарстованы гипсы и ангидриты верхнего тортона. В пределах района выделяется несколько участков. Наиболее изучены из них Млынковский, Короливский, Крывченский и Баламутовский.

Нижнестрыйско-Тлумачский карстовый район занимает сравнительно узкую полосу на правобережье Днестра, между р. Стрый и г. Тлумач. Карстуются гипсы тортона и частично известняки мела. В окрестностях пос. Жовтень и в 3 км от него к юго-востоку развиты воронки и поноры, приуроченные к гипсам тортона. Близ г. Галич карст отмечен в известняках мела.

В Тлумач-Городенском карстовом районе карстуются гипсы тортона, выходящие во многих местах на поверхность. Воронки и котловины приурочены к системам тектонических трещин северо-западного и северо-восточного направлений. Нередко воронки располагаются группами на близком расстоянии друг от друга, образуя резко выраженный западинно-волнистый рельеф, или вытянуты цепочкой. Преобладают конусовидные воронки округлые или овальные в плане, на крутых склонах которых наблюдаются выходы гипса. Диаметр воронок изменяется от 10 до 100 м, а глубина от 3 до 20 м. Очень широко распространены блюдцеобразные воронки с плоским дном и пологими склонами, а также небольшие блюдца. В окрестностях с. Озеряны и г. Обертына на 1 км<sup>2</sup> насчитывается более 75 карстовых воронок, а близ г. Городенка — до 400 форм.

Помимо воронок, поноров, котловин и блюдец в местах выхода на поверхность гипса встречаются небольшие карпы. Больше всего их отмечено между селами Чортовец и Олиево-Корнев. Здесь же встречаются воронки выщелачивания. Особый интерес представляют пещеры. Наиболее крупная из них — Локитки — выработана в гипсах тортона близ г. Тлумач.

В Кицмань-Хотинском карстовом районе карст наиболее широко распространен на Хотинском и Новоселицком

участках. Карстовые явления в гипсах на Новоселицком участке развиты в связи с эрозионным вскрытием карстующихся пород.

*Молдавский карстовый округ*, занимающий восточную часть Подольско-Молдавской провинции, подразделяется на три карстовых района: Чугур-Кайнарский, Мурафинский и Реутский, в пределах которых широко распространены поверхностные и подземные карстовые формы, развитые преимущественно в карбонатных породах неогена.

**Причерноморская карстовая провинция** занимает крайнее южное положение на Русской равнине, охватывая Причерноморскую низменность и северо-западную часть Равнинного Крыма.

Провинция располагается в пределах Причерноморской впадины, представляющей собой пологую депрессию, выполненную палеозойскими и кайнозойскими отложениями. Докембрийский кристаллический фундамент погружается к югу от 500 до 3000 м. В Равнинном Крыму докембрийский фундамент сменяется более молодым, герцинским (Скифская платформа), который также находится на большой глубине.

Территория сложена почти горизонтально залегающими палеогеновыми и неогеновыми песчано-глинистыми и карбонатными породами, перекрытыми четвертичными лёссами, а на юге — морскими глинами. В антиклинальном поднятии Тарханкутского п-ва на поверхность выходят мело-мергельные отложения верхнего мела. Толща лёсса и красно-бурых глин, залегающая на карстующихся известняках неогена, местами достигает 30—50 м.

Рельеф — равнинный, слаборасчлененный. На междуречьях равнинность нарушается обширными западинами — подами диаметром несколько сот метров и глубиной несколько метров. Климат — умеренно континентальный. Средняя температура января  $-2, -4^{\circ}$ , а июля  $22^{\circ}$ . Годовое количество осадков 350—450 мм. Хотя значительная часть выпадающих осадков испаряется, современные процессы выщелачивания, однако, идут достаточно интенсивно, на что указывают молодые карстовые образования. Снежный покров неустойчив, средняя высота его около 0,1 м. Несмотря на небольшую мощность снежного покрова, твердые осадки играют важную роль в образовании карста. Сносимый сильными ветрами в отрицательные формы снег при медленном оттаивании оказывает

значительное корродирующее воздействие на горные породы, тем более что снежный покров в течение зимы образуется несколько раз.

Естественная растительность представлена типчаково-ковыльными степями, под которыми формируются южные черноземы и темно-каштановые почвы. В настоящее время степи почти повсюду распаханы и заняты культурной растительностью.

Карстовые формы представлены каррами, воронками, понорами, блюдцами, балками, нишами, кавернами, полостями и пещерами.

Карры особенно широко распространены на побережье Тарханкутского п-ва. Здесь они имеют вид небольших ям, отделенных друг от друга острыми гребнями. Диаметр этих карр изменяется от 3 до 50 см, а глубина в отдельных случаях 50—80 см. Воронки встречаются сравнительно редко. Преобладают блюдеобразные воронки, диаметр которых не превышает обычно 10—20 м, а глубина 1—1,5 м. Наиболее крупная воронка отмечена на правом берегу р. Ингульца, в устье балки Чабанка. Диаметр ее около 100 м. На дне некоторых воронок находятся водопоглощающие поноры. В береговых обрывах и круtyх склонах балок развиты ниши, достигающие иногда 1 м высоты, 5 м длины и 1,5 м глубины. В низовьях Ингульца и на побережье Тарханкутского п-ва описаны пещеры. На правом берегу р. Ингульца известно семь пещер. Длина самой значительной из них 55 м. На южном побережье Тарханкутского п-ва, у бухты Отлеш, в сарматских известняках примерно на уровне моря исследовано 12 карстовых пещер, каждая из которых имеет длину до 100 м.

Неогеновые известняки сильно кавернозны. Каверны не превышают 3—5 см в диаметре. Как правило, они заполнены красно-буровой глиной. Кавернозность в известняках неогена прослеживается на всей площади их распространения, хотя объем пустот, занимаемых кавернами в породах, весьма различен и колеблется от нескольких до 50%. С удалением от речных долин размер каверн уменьшается. Буровыми скважинами и горными выработками выявлены древние погребенные воронки и крупные (до 2—10 м в поперечнике) карстовые полости. На левобережье Днепра, например в карьере у Новой Каховки, на участке длиной около 1 км, было описано 14 погребен-

ных воронок различных по форме и размерам. Карстовые полости в Равнинном Крыму в известняках неогена вскрыты до глубины 130 м, а в карбонатных породах верхнего мела — на глубине 900—2800 м.

**Украинская карстовая провинция** располагается в восточной части Приднепровской возвышенности, протягиваясь узкой полосой в меридиональном направлении от Кременчуга до Кривого Рога.

Провинция находится в восточной части Украинского кристаллического щита, где докембрийские, сильно метаморфизованные породы близко подходят к поверхности. Они перекрыты сравнительно маломощными песчано-глинистыми отложениями палеогена и неогена, на которых залегают четвертичные лёссы. Рельеф — возвышенный, значительно расчлененный. Климат — умеренно континентальный. Средняя температура января —6°, а июля 22°. Годовое количество осадков 500 мм. На серых лесных почвах и черноземах распространена лесостепная и степная растительность, сильно измененная хозяйственной деятельностью.

В пределах провинции карстуются докембрийские известняки и доломиты. Древние карстовые формы в виде воронок и крупных полостей были вскрыты во многих местах горными выработками. Особенно сильно докембрийские доломиты закарстованы в долине р. Желтой, где выявлены полости 1500 м длиной и 25 м шириной. Карстовые полости отмечены до глубины 600—800 м. Они выполнены песчано-глинистым материалом, иногда заполнены водой. Подземные воды растворяют также карбонатизированные кварциты и граниты, преобразуя их в губчатую породу, пронизанную мелкими кавернами и полостями.

Карстовые округа и районы. Украинская карстовая провинция подразделяется на два карстовых округа: Кременчугский и Криворожский, которые в свою очередь делятся на четыре карстовых района: Павлынский, Желторечинский, Радушинский и Широкинский.

## **ПРИКАСПИЙСКАЯ КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ**

Прикаспийская карстовая область располагается на юго-востоке Русской равнины, совпадая территориально с Прикаспийской низменностью. В область входят две кар-

стовые провинции: Западно-Прикаспийская и Восточно-Прикаспийская.

**Западно-Прикаспийская карстовая провинция** охватывает западную часть Прикаспийской низменности. Восточная граница ее идет по р. Урал, долина которой глубоко врезана в равнинную поверхность низменности.

Провинция размещается в пределах Прикаспийской синеклизы, характеризующейся глубоким (до 6000 м и более) погружением фундамента и широким развитием солянокупольных структур. Интенсивное развитие соляной тектоники обусловлено наличием мощного комплекса пермских соляных отложений и большой тектонической активностью Прикаспийской впадины. Поверхность сложена хвалынскими песками, суглинками и глинами. На участках выхода соляных куполов обнажаются более древние породы от неогена до перми. Рельеф — плоскоравнинный. Абсолютная высота поверхности не превышает 50 м, а южная часть территории лежит ниже уровня моря (до 28 м). Характерны многочисленные микrozападины до 10—100 м в диаметре и 0,2—2 м глубины. Некоторые соляные купола хорошо выражены в рельефе. Так, гора Большое Богдо, к югу от оз. Баскунчак, имеет высоту 149 м. Климат — резко континентальный. Средняя температура января —10, —12°, а июля 24°. Годовое количество осадков 200—300 мм. Реки небольшие и мелкие. Они дренируются обычно неглубокими бессточными понижениями. На светло-каштановых почвах распространена полупустынная злаково-белополынная растительность, которая на юге провинции сменяется пустынной полынно-солянковой растительностью, приуроченной к бурым пустынно-степным почвам и солонцам.

В пределах провинции карстуются каменная соль и гипсы перми. Развитие современных карстовых процессов отмечается лишь на отдельных сравнительно небольших участках, где солянокупольные структуры выходят на поверхность или залегают на небольшой глубине. Из карстовых форм встречаются воронки, котловины, балки и пещеры. Плотность воронок иногда 200—300 на 1 км<sup>2</sup>. Карстовые процессы отмечаются также на обширных пространствах крупных галитовых озер, где соляная залежь сверху представлена слабоводопроницаемым пластом соли, а подстилающий слой обладает высокой фильтрационной способностью. Карстообразование определяется

здесь восходящими со дня струями пресных вод, а также периодическим проникновением в соляную залежь поверхностной рапы, перемещаемой сильными ветрами. Современные карстовые процессы отмечаются и на значительной глубине от поверхности, где происходит выщелачивание солей и гипсов подземными водами. Примером современного карста является зона контакта гипсово-ангидритовой толщи и соляной залежи на Эльтонском соляном куполе. Здесь же в настоящее время развиваются подземные карстовые воронки, расположенные на поверхности гипсово-ангидритовой толщи. К древним карстовым формам относятся воронки, котловины и полости. Некоторые погребенные котловины достигают 5—10 км длины и 50—100 м глубины. Наиболее глубокая котловина выявлена буровыми скважинами на крупном солянокупольном поднятии у пос. Дарьинского. Длина ее около 5 км, а глубина 100—120 м. Котловина выполнена плиоценовыми и четвертичными отложениями.

Западно-Прикаспийская карстовая провинция подразделяется на два карстовых округа: Волго-Узенльский и Узенльско-Уральский, которые в свою очередь делятся на два карстовых района и четыре карстовых участка. Лучше всего карст исследован на Баскунчакском участке, где карстуются гипсы, оконтуривающие с севера и с юга впадину оз. Баскунчак. Широко распространены разнообразные карстовые формы, особенно провальные воронки, достигающие иногда 150 м в диаметре и 15 м глубины. Отмечены пещеры. Наиболее крупная из них Большая Баскунчакская, расположенная на северо-западном берегу оз. Баскунчак, в балке Ак-Джар, имеет длину 350 м.

**Восточно-Прикаспийская карстовая провинция** охватывает восточную часть Прикаспийской низменности между р. Урал и Мугоджарами.

Провинция находится в пределах Прикаспийской синеклизы, которая на востоке переходит в Предуральский краевой прогиб. Древний кристаллический фундамент залегает на большой глубине (до 5000—6000 м). Ярко выражена солянокупольная тектоника. Территория сложена верхнемеловыми мело-мергельными породами и палеогеновыми песчано-глинистыми отложениями, на которых залегают четвертичные суглинистые элювиально-делювиальные образования. На участках соляных куполов

на поверхность выходят отложения перми, триаса, юры и нижнего мела. Рельеф — плоскоравнинный. Широко распространены микрозападины. Климат — резко континентальный. Средняя температура января  $-12$ ,  $-14^{\circ}$ , аиюля  $24^{\circ}$ . Годовое количество осадков  $200$ — $300$  мм. На светло-каштановых и бурых пустынно-степных почвах распространена злаково-полынная и полынно-солянковая растительность.

Карстуются каменная соль и гипсы перми. Среди карстовых форм особенно широко распространены воронки. Буровыми скважинами выявлены древние карстовые котловины и полости.

Восточно-Прикаспийская карстовая провинция делится на два карстовых округа: Урало-Илекский и Уил-Эмбенский, в которые входят Ирубайский и Кызылуйский карстовые районы.

Карст широко распространен на Индерском участке, приуроченном к Индерскому поднятию, представляющему собой крупную диапировую структуру, ядро которой сложено соляно-гипсовой толщей. Карстуются залегающие на каменной соли гипсы пермского возраста. Они на значительном пространстве выходят на поверхность и подвергаются воздействию экзогенных факторов. Преобладают карстовые воронки. Плотность их местами составляет  $250$ — $300$  на  $1\text{ км}^2$ . Встречаются также поноры, котловины, балки и небольшие пещеры. Интересны карры, имеющие вид бороздок шириной  $1$ — $3$  см и длиной  $5$ — $15$  см. К древним карстовым формам относятся воронки и котловины. Наиболее крупная котловина достигает  $10$  км длины,  $5$  км ширины и  $10$  м глубины. Буровыми скважинами вскрыты многочисленные карстовые полости. Особенно сильно закарстована нижняя часть гипсовой толщи, находящаяся в зоне горизонтальной циркуляции подземных вод. В залегающем под гипсовой шляпой соляном массиве карст не отмечен.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Карст существенно влияет на изменение отдельных природных компонентов и на ландшафты в целом. Он определяет формирование в районах распространения карстующихся образований специфических природных комплексов, которые Н. А. Гвоздецкий рассматривает как особые географические ландшафты. Большое влияние оказывает карст также на хозяйственную деятельность человека.

Наличие карста является серьезным препятствием для гидротехнического строительства, поскольку создает условия для возможной утечки воды из водохранилища. Это осложняет наполнение его до проектной отметки, а также ставит под угрозу разрушения построенную плотину. В Советском Союзе накоплен богатый опыт гидроэнергетического строительства в карстовых районах. Он основан на специальном инженерно-геологическом изучении закарстованных территорий и выявлении основных закономерностей развития карста.

Предварительные карстологические исследования имеют важное значение при выборе строительных площадок под промышленные и бытовые объекты, а также для проведения железных дорог и шоссейных магистралей. Известны случаи разрушения зданий и различного рода строений в результате провалов над подземными полостями. В связи с этим наибольшее внимание уделяется работам по прогнозированию вероятности образования провалов. Особенно большие трудности создаются при прокладке железных дорог на участках распространения растворимых пород.

Роль карста учитывается в горнодобывающей промышленности, поскольку наличие подземных карстовых полостей способствует усиленному притоку карстовых вод в горные выработки, что в значительной мере ослож-

няет эксплуатацию месторождений полезных ископаемых. Так, в шахтах Донбасса максимальные притоки воды достигали 2100 м<sup>3</sup>/час. Естественно, такой большой приток воды сильно затрудняет эксплуатацию месторождения и требует больших затрат на установку мощных водоотливных средств. Особенно опасны внезапные прорывы воды, приводящие к обрушению кровли и затоплению горных выработок. Применение разведочных и дренажных скважин, а также других мероприятий позволяет в настоящее время успешно вести горные работы на месторождениях, расположенных в сильно закарстованных породах.

В то же время к карстовым формам нередко приурочены залежи железных и никелевых руд, золота, платины и других ценных металлов, бокситов, фосфоритов, оgneупорных и керамических глин. Сильно закарстованые толщи карбонатных отложений часто являются коллекторами нефти и газа.

Карст, определяя быстрое поглощение поверхностных вод, во многих районах воздействует на сельское и лесное хозяйство.

Быстрый рост экономики, сопровождающийся в некоторых районах существенными изменениями рельефа, режима и химического состава природных вод, а также почвенного покрова и растительности, оказывает большое влияние на активизацию естественных карстовых процессов. Это приводит на некоторых участках к созданию качественно новых антропогенно-карстовых комплексов, а также вызывает нередко дополнительные трудности при хозяйственном освоении территории. В этой связи особое значение приобретает проблема организации антропогенного мониторинга<sup>1</sup>, который, по мнению автора, наряду с другими специализированными системами, должен включать научно-организационные мероприятия, направленные на эффективное управление сопутствующих (стихийных) карстовых и других процессов, обусловленных хозяйственной деятельностью человека и не поддающихся в настоящее время контролю и регулированию.

---

<sup>1</sup> Термин «мониторинг» (от английского слова monitor—наставник, советчик) означает контроль, дозировка.

## ЛИТЕРАТУРА

- Альбов С. В., Мелешин В. П.* Закарстованность территории Равнинного Крыма.— В кн.: Проектирование, строительство и эксплуатация земляного полотна в карстовых районах, вып. 8. М., 1968.
- Апродов В. А.* Об основных принципах классификации карстовых процессов.—«Информ. сб. № 1». М., 1960.
- Ауэрбах И. Б.* Гора Богдо.—«Зап. Рус. геогр. о-ва (по общей географии)», т. 4 СПб., 1871.
- Балков В. А.* Влияние карста на сток рек европейской территории СССР. Л., 1970.
- Барановская З., Дик Н.* Геоморфологический очерк левобережья р. Сейма к югу от г. Курска.—«Землеведение», 1934, т. 36, вып. 2.
- Барков А. С.* Карст Самарской Луки.— «Землеведение», 1932, т. 34, вып. 1—2.
- Барков А. С.* Карст Восточно-Европейской равнины.—«Труды I Всесоюз. геогр. съезда», вып. 3. Л., 1934.
- Барков А. С.* Карст Русской равнины.—«Вопр. геогр.», сб. 40. М., 1957.
- Барков А., Соколов Н.* Трещиноватость палеозоя и ее выражение в геоморфологии Самарской Луки.— «Вопр. гидрогеол. и инж. геол.», ч. 3. М.—Л., 1933.
- Белокопытов А. М.* Наблюдения над меловым карстом в районе Стрелецкой и Казацкой степей.— «Изв. Воронеж. гос. пед. ин-та», 1963, т. 44.
- Бирилова Н. И.* Карстовые явления Кунгура и его окрестностей.— «Изв. Гос. гидрол. ин-та», 1934, т. 66.
- Богданович Е. Д.* Изучение пещер Башкирии в последние годы.— В кн.: География Башкирии за 50 лет. Уфа, 1967.
- Богословский В. Ф.* Из наблюдений над карстовыми явлениями в междууречье р. Камы и р. Чусовой.— «Учен. зап. Перм. пед. ин-та», 1940, вып. 7.
- Болотина Н. М. и Соколов Д. С.* Карст района Витебских порогов.— «Бюлл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд-ние геол.», 1954, т. 29, вып. 4.
- Борисов А. И.* Карстовые явления в Ивановской области.— «Природа», 1938, № 6.
- Борисовский А. С.* Карстовые озера Ивановской области. — «Землеведение», т. 4(44). Изд. МГУ, 1957.
- Брашинина И. А.* Закономерности распространения карста в районе г. Дзержинска по данным геофизических исследований. Автореф. канд. дис. М., 1970.

*Бутырина К. Г.* Гипсовый карст центральной части Пермской области. Автореф. канд. дис. Пермь, 1968.

*Буянова И. Я.* Карстовые явления в пермских отложениях Донбасса. — В кн.: Полезные ископаемые Украины. Киев, 1966.

*Варсанофеева В.* Карстовые явления в северной части Уфимского плоскогорья. — «Землеведение», т. 22, кн. 4, 1915.

*Варфоломеева О. М.* Карстовые явления в долинах рек Даугава и Дауце. — В кн.: Геология долины р. Даугава. Рига, 1959.

*Васильев Б. В.* О некоторых закономерностях карстопроявления в бассейне реки Ик (на юго-востоке Татарской АССР). — «ДАН СССР», 1949, т. 65, № 4

*Васильев Б. В.* Карстовые пещеры в Октябрьском районе Башкирской АССР. — В кн.: Пещеры, вып. 2. Пермь, 1962.

*Вахрушев Г. В.* Распространение и условия образования карста в Башкирии. — В кн.: Новости карстоведения и спелеологии, № 2. М., 1961.

*Верболоз С. Е.* О карстовых явлениях, встречающихся шахтами в восточной части Донбасса. — «Тезисы докл. на науч. совещ. по изуч. карста», вып. 8, 1956.

*Верболоз С. Е.* О карсте в Донецкой области. — «Бюлл. науч.-техн. информ. МГ и ОН СССР», № 5 (17), 1958.

*Верина В. Н.* Карст в Молдавии. — В кн.: Охрана природы Молдавии, вып. 1. Кишинев, 1960.

*Визнудзяев С. Т.* Карстовые явления в Молдавии. — «Изв. АН МССР», 1963, № 8.

*Власов Ю. А.* Из наблюдений над карстовыми явлениями в междуречье Бабки и Сылвы. — «Учен. зап. Перм. ун-та», 1962, т. 21, вып. 3.

*Востряков А. В.* Древний карст на территории Прикаспийской впадины и смежных областей и методы его изучения. — В кн.: Методика изучения карста, вып. 4. Пермь, 1963.

*Газизов М. С.* К вопросу о морфологии и происхождении глубинного карста в Прибалтийском сланцевом бассейне. — «Труды ин-та геол. АН ЭССР», 1958, т. 2.

*Газизов М. С.* Карстовые явления на Эстонском месторождении горючих сланцев и методика их изучения. — В кн.: Специальные вопросы карстоведения. М., 1962.

*Гатальский М. А.* Карст силурийских и ордовикских карбонатных пород Прибалтики. — В кн.: Геология и геохимия, т. 1. Л., 1957.

*Гвоздецкий Н. А.* Карстовые явления в окрестностях озера Баскунчак. — В кн.: Памяти проф. А. Н. Мазаровича. М., 1953 (Изд. Моск. о-ва испыт. природы).

*Гвоздецкий Н. А.* Карст. М., 1954.

*Гвоздецкий Н. А.* Вопросы типологии и классификации карста СССР. — В кн.: Типы карста в СССР. М., 1965.

*Гвоздецкий Н. А.* Проблемы изучения карста и практика. М., 1972.

*Гвоздецкий Н. А., Лаптева Н. Н., Ступишин А. В., Торсуев Н. П.* Проблемы карста Русской равнины. — В кн.: Карст равнинных территорий европейской части СССР. Казань, 1974.

*Гвоздецкий Н. А., Спиридонов А. И.* Карст Муромско-Павловского правобережья реки Оки. — «Землеведение», 1971, т. 9(49).

*Гвоздецкий Н. А., Чикишев А. Г.* Районирование карста Русской равнины.— В кн.: Вопросы изучения карста Русской равнины. М., 1966.

*Гвоздецкий Н. А., Чикишев А. Г.* Основные этапы развития советского карстоведения. — В кн.: Советские исследования карста за 50 лет. М., 1967.

*Гедеонов А. А.* Карст окрестностей озера Баскунчак. — «Тезисы докл. на Перм. карст. конф.». Пермь, 1947.

*Гедеонов А. А.* Материалы к морфологии карста окрестностей озера Баскунчак. — «Учен. зап. Саратов. гос. ун-та им. Чернышевского», т. XXII, вып. геогр., 1949.

*Герасимов Е. Г.* Карстовые явления Владимирской губернии, (В Гороховецком и Муромском уездах). — «Труды Владимир, о-ва любителей естествознания», 1916, т. 4, вып. 2.

*Голубева Л. В.* Карстово-спелеологическая станция заповедника «Предуралье». — «Природа», 1949, № 7.

*Голубева Л. В.* Некоторые наблюдения над карстовыми воронками в заповеднике «Предуралье». — «Бюлл. комиссии по изуч. четверт. периода», 1951, № 16.

*Голубева Л. В.* Некоторые эрозионно-карстовые и карстовые формы рельефа в Кунгурском и Кишертском районах Пермской области. — «Изв. Естеств.-науч. ин-та при Перм. ун-те», т. 13, вып. 7, 1953.

*Голубева Л. В.* Карстовые явления окрестностей села Павлово, Ордынского района, Пермской области. — «Учен. зап. Перм. ун-та», 1955, т. 9, вып. 1.

*Голубева Л. В.* Карстовые явления в долине реки Ирени в Кунгурском районе Пермской области. — «Учен. зап. Перм. ун-та», 1956, т. 7, вып. 4.

*Гончаренко М. Г.* Карст Нижнего Приднепровья.— В кн.: Вопросы карста на юге европейской части СССР. Ялта, 1956.

*Горбунова К. А.* Карстовые районы Пермской области.— «Докл. четвертого Всеуральск. совещ. по физико-геогр. и эконом.-геогр. районированию», т. 1, вып. 1. Пермь, 1958.

*Горбунова К. А.* История изучения карстовых пещер Пермской области.— В кн.: Пещеры, вып. 1. Пермь, 1961.

*Горбунова К. А.* История изучения карста и пещер Пермской области после Великой Октябрьской социалистической революции (1917—1955 гг.). — В кн.: Пещеры, вып. 2. Пермь, 1962.

*Горбунова К. А.* Особенности гипсового карста. Пермь, 1965.

*Горбунова К. А., Бутырина К. Г.* Карстовые депрессии в гipsах Пермской области. — В кн.: Вопросы ландшафтovedения, геоморфологии и исторической географии. Пермь, 1970.

*Гофштейн И. Д.* Тектоническая трещиноватость и гипсовый карст Подолии. — «Изв. Всесоюз. геогр. об-ва», 1967, т. 99, вып. 6.

*Гуневский И. М.* Карстовые явления в средней части днестровско-прутского междуречья. — «Мат-лы IV конф. молодых ученых Молдавии, секция геол. и геогр.». Кишинев, 1966.

*Гуревич Ю. М.* Условия подземного карстового стока Силурийского плато. — В кн.: Гидрогеология и карстоведение, вып. 3. Пермь, 1966.

*Гусева А. А., Гусев А. К.* Геоморфология Павловского района Горьковской области. — В кн.: Вопросы геоморфологии Среднего Поволжья, сб. № 3. Казань, 1963.

*Давыдова М. И.* Географические условия и особенности развития карста на юге Рязанской области. — «Учен. зап. Моск. гор. пед. ин-та», 1953, т. 21, вып. 3.

*Давыдова-Колосова М. И.* Карст Верхнего Дона. — «Учен. зап. Моск. гор. пед. ин-та», 1957, т. 66, вып. 5.

*Дедков А. П.* Карстовые и супфазионные явления. — В кн.: Природа Ульяновской области. Казань, 1963.

*Дзенс-Литовский А. И.* Соляной карст СССР. Л, 1966.

*Докучаев В. В.* Способы образования речных долин Европейской России. — «Труды С.—Пб. о-ва естествоиспытателей», т. 9, 1878; «Сочинения», т. 1. М.—Л., 1949.

*Дублянский В. Н.* Генезис и гидрогеологическое значение крупных карстовых полостей Украины. Автореф. докт. дис. Пермь, 1971.

*Дублянский В. Смольников Б. М.* Карстолого-геофизические исследования карстовых полостей приднестровской Подолии и Покутья. Киев, 1969.

*Дубянский А.* Исследование карст среди верхнемеловых отложений. — «Бюлл. Моск. о-ва испыт. природы, отд-ние геол.», 1937, т. 15, вып. 4.

*Едемский М. Б.* Геологические исследования в бассейнах рек Пинеги, Кулоя и Мезени в 1929 г. — «Труды Геол. музея АН СССР», т. 8, 1931.

*Елисеев В. Г.* Карстовые формы рельефа на правобережье Дона в Липецкой области. — «Изв. Воронеж, отд-ния Геогр. о-ва Союза ССР», вып. 1, 1957.

*Жуковский С. Я.* О некоторых чертах карста долины Нижнего Днепра. — «Вест. МГУ», № 2, 1960.

*Жуковский С. Я.* Карстовые явления в среднем течении р. Онеги. — «Бюлл. Моск. о-ва испыт. природы, отд-ние геол.», 1962, т. 37, вып. 4.

*Журенко Ю. Е.* Некоторые данные о поверхностном карсте Южного Предуралья в пределах Общего Сырта. — «Вопр. геоморфол. и геол. Башкирии», сб. 1. Уфа, 1957.

*Зайцев И. К.* Вопросы изучения карста СССР. Л.—М., 1940.

*Зверков И. П.* Меловой карст в бассейне реки Тим. — «Учен. зап. Курск, гос. пед. ин-та», 1970, т. 69.

*Зверков И. П.* Условия формирования мелового карста восточной части Курской области. — В кн.: Природные и трудовые ресурсы Курской и сопредельных областей. Курск, 1973.

*Зубащенко М. А.* Опыт районирования карста на территории европейской части СССР и Кавказа. — «Изв. Воронежа гос. пед. ин-та», 1939, т. 5.

*Зубащенко М. А.* Опыт районирования карста Восточно-Европейской равнины. — «Тезисы докл. Перм. карст, конф.». Пермь, 1947.

*Зубащенко М. А.* К истории исследования карста Восточно-Европейской равнины. — «Изв. Воронеж, пед. ин-та», 1948, т. 10, вып. 2.

*Зубащенко М. А.* О меловом карсте Средне-Русской возвышенности. — «Изв. Воронеж, гос. пед. ин-та, геогр. фак.» 1953, т. 13, вып. 1.

*Зубащенко М. А.* Меловой карст Русской равнины. — В кн.: Вопросы изучения карста Русской равнины. М., 1966.

*Зябловский Е. Ф.* Землеописание Российской империи для всех состояний. СПб., 1810.

*Иванов Б. Н.* О типологии карстового рельефа равнин на примере Подольско-Буковинской карстовой области. — В кн.: Вопросы карста на юге европейской части СССР. Ялта, 1956.

*Иванов Б. Н.* Карбонатный карст Украины и Молдавии. — В кн.: Карст в карбонатных породах. М., 1972.

*Иванов Б. Н., Дублянский В. Н.* Поверхностный и глубинный карст юго-западной окраины Русской платформы. — В кн.: Вопросы изучения карста Русской равнины. М., 1966.

*Иванов Д. Л.* Воронки на Уфимском участке Самаро-Златоустовской ж. д.— «Изв. О-ва горн. инж.», 1897, т. 6, № 1.

*Иванов Д. Л.* Уфимские воронки. Провалы на Самаро-Златоустовской ж. д.— Изд. собр. инж. путей сообщ. СПб., 1899.

*Игнатьев В. И.* Карст Нижнеокского района. — «Учен. зап. Казан. ун-та», 1952, т. 112, кн. 8.

*Ильин А. Н.* Орогидрография и поверхностные проявления карста района Алатырско-Горьковских поднятий.— В кн.: Вопросы изучения карстовых явлений в районе г. Дзержинска. М., 1962.

*Ильин А. Н.* Гидрогеологические условия развития карста в пределах Алатырско-Горьковских поднятий. Автореф. канд. дис. М., 1964.

*Ильин А. Н., Капустин А. П., Коган И. А. и др.* Карстовые явления в районе города Дзержинска Горьковской области. М., 1960.

*Ишкузина Л. У.* Особенности карстового ландшафта долины реки Узень. — В кн.: Вопросы физической географии и геоморфологии Урала и сопредельных территорий. Уфа, 1974.

*Кавеев М. С.* Геологические условия развития и особенности проявления карста в центральной части Волго-Камского края. Автореф. докт. дис. Казань, 1963.

*Кавецкис М. А.* Карстовые явления на территории Литовской ССР.— В кн.: Региональное карстоведение. М., 1961.

*Каптерев П.* О некоторых пещерах Пермской и Казанской губерний. — «Землеведение», 1913, кн. 1—2.

*Каптерев П. Н.* Карст на юго-западе Горьковской области. — В кн.: Региональное карстоведение. М., 1961.

*Карамышева Г. Д.* Геоморфология бассейна р. Коломенки и левобережья р. Оки между г. Озёры-Коломна. — «Учен. зап. Моск. ун-та», вып. 14. География, 1938.

*Каштанов С. Г.* Карстовые явления в районе Казанского Поволжья.— «ДАН СССР», 1943, т. 40, № 2.

*Каштанов С. Г.* Карстовые явления в районе Моркинской возвышенности. — «Геогр. сб.», № 1. М.— Л., 1952.

*Кириллов А.* Карст среднего течения рек Майды и Мегры.— «Учен. зап. Тамб. пед. ин-та», 1956, вып. 9.

*Киттары М.* Ледяная пещера в окрестностях Кунгура.— «Журн. Мин. внутр. дел», ч. 22. СПб., 1848.

*Кобелев М. В.* Современный карст южной окраины Донбасса. — «Природа», 1962, № 12.

*Кожурина М. С., Гаврилюк М. И.* К изучению карста Покутского Приднестровья. — «Науч. ежегод. Черновиц. ун-та за 1959», отд. вып. геогр. фак-та, 1960.

*Козменко А.* Провальные, оползневые и эрозионные образования северо-восточной части Новосильского уезда, Тульской губернии. — «Землеведение», 1909, т. 16, кн. 3.

*Козменко А. С.* Пояснительная записка к картам первого выпуска. — «Труды гидролог. отд-ния Тульск. губерн. земства». М., 1913.

*Козменко А. С.* Задачи Ново-Михайловской гидрологической станции в карстовом районе Центрально-Черноземной области. — «Изв. Гос. гидрол. ин-та», № 47, 1932.

*Колмогоров А.* Карстовая река Рагуша. — «Землеведение», 1908, т. 14, кн. 1—2.

*Колмогоров А.* Озера Тихвинского уезда. — «Землеведение», 1908, т. 14, кн. 3—4.

*Колдяжная А. А.* Агрессивность природных вод в карстовых районах европейской части СССР. М., 1970.

*Корина А. С.* О карсте Ковровского плато. — «Землеведение», 1948, т. 2(42).

*Котельников В. А., Торсуев Н. П.* Карст в сульфатных породах Онего-Северодвинского междуречья. — В кн.: Вопросы геоморфологии Среднего Поволжья, вып. 5—6. Казань, 1968.

*Красненков Р. В.* Погребенный меловой карст юго-восточной части Среднерусской возвышенности. Автореф. канд. дис. Воронеж, 1970.

*Кротов П.* Несколько слов о геологическом строении окрестностей Кунгура и горы Челпан. — «Изв. Геол. ком.», 1884, т. 2.

*Кротова Е. А.* История изучения пещер и карста Пермской области (1956—1964). - В кн.: Пещеры, вып. 6(7). Пермь, 1966.

*Крубер А.* О карстовых явлениях в России. — «Землеведение», 1901, т. 7, кн. 4.

*Крубер А. А.* Карстовая область Горного Крыма. М., 1915.

*Кудряшов И. К.* История изучения карста Башкирии. — «Зап. Башк. филиала Геогр. о-ва СССР», 1960, вып. 2.

*Кудряшов И. К.* Районирование карста Башкирии. — «Мат-лы шестого Всеуральск. совещ. по вопр. геогр. и охраны природы». Уфа, 1961.

*Кудряшов И. К.* История изучения карста Башкирии за 50 лет Советской власти (1917—1967). — В кн.: География Башкирии за 50 лет. Уфа, 1967.

*Кузин Н. И., Проферансов Ю. Н.* Карст и трещиноватость Самарской Луки. — В кн.: Инженерно-геологические исследования для Волгостроя. М. — Л., 1934.

*Куликовский Г. И.* Застраивающие -и периодически исчезающие озера Обонежского края. — «Землеведение», 1895, т. 1, кн. 1.

*Кухарев Н. М.* Карст Двинско-Мезенского междуречья. — «Изв. высш. учебн. заведений», геол. и разв., 1968, № 12.

*Ламакин В. В.* Подснежно-вырезные формы рельефа на восточном крае Уфимского плато. — «Землеведение», 1934, т. 36, вып. 1.

*Лаптева Н. Н.* Карст Марийской АССР. Автореф. канд. дис. Казань, 1967.

*Лаптева Н. Н.* Карстовые рвы южного окончания Вятского вала. — В кн.: Вопросы геоморфологии Среднего Поволжья, вып. 5—6. Казань, 1968.

*Лаптева Н. Н.* Районирование карста территории Марийской АССР. — Геогр. сб., вып. 4. Казань, 1969.

*Лебедева Н. А.* Роль подземных вод в формировании водного баланса Московского артезианского бассейна. — В кн.: Подземный сток и методы его исследования. М., 1972.

*Левыкин В. В.* Карстовые и ложнокарстовые явления на Ленинградском месторождении горючих сланцев. — В кн.: Специальные вопросы карстоведения. М., 1962.

*Лепехин И.* Дневные записи путешествия доктора и Академии наук адъюнкта Ивана Лепехина по разным провинциям Российского государства в 1768 и 1769 году. СПб., 1771.

*Лепехин И.* Продолжение дневных записок путешествия академика и медицины доктора Ивана Лепехина по разным провинциям Российского государства в 1770 году. Ч. 2. СПб., 1772.

*Листов Ю.* Пещеры-ледники. «Мат-лы для геологии России», т. 12, 1885.

*Лобанов И. Н.* Карстовые формы в низовьях р. Ингульца. — «Труды Ленингр. гидрометеорол. ин-та», 1962, вып. 13.

*Ломоносов М.* О слоях земных и другие работы по геологии. М. - Л., 1949.

*Лукин В. С.* Провальные явления на Урале и в Предуралье. — «Труды Ин-та геол. УФАН СССР», 1964, вып. 69.

*Лукин В. С.* Типы карста и взаимосвязь между развитием карста и формированием покровных отложений. — В кн.: Типы карста в СССР. М., 1965.

*Лукин В. С.* Карстовые рвы в районах развития сульфатных отложений. — В кн.: Гидрогеология и карстоведение, вып. 3. Пермь, 1966.

*Лунгерсгаузен Ф. В.* О провалах на юге Тульской губернии. — «Естествознание и геогр.», 1911, № 3, 4.

*Лушников Е. А.* Районирование карста Башкирии. — «Учен, зап. Перм. ун-та», т. 10, вып. 2. Геол. и геогр., кн. 10. Харьков, 1956.

*Лыкошин А. Г., Соколов Д. С.* Развитие карста в юго-западной части Уфимского плато. — «Бюлл. Моск. о-ва испыт. природы, отдение геол.», 1954, т. 29, вып. 1.

*Любомиров Б. Н.* Некоторые особенности карстопроявления на территории Коми АССР. — «Труды ВНИГРИ», вып. 131. Геология, сб. № 4, 1959.

*Мазарович А.* Провалы и пещеры юго-восточной части Нижегородской губернии. — «Землеведение», 1912, т. 19, кн. 3—4.

*Максимович Г. А.* Районирование карста СССР. — «Докл. четвертого Всеуральск. совещ. по физико-геогр. и эконом.-геогр. районированию Урала», т. 1, вып. 1. Пермь, 1958.

*Максимович Г. А.* Основы карстоведения, т. 1. Пермь, 1963.

*Максимович Г. А.* Карст восточной окраины Русской равнины. — В кн.: Вопросы изучения карста Русской равнины. М., 1966.

*Максимович Г. А.* Основы карстоведения, т. 2. Пермь, 1969.

*Максимович Г. А., Горбунова К. А.* Карст Пермской области. Пермь, 1958.

*Мамин А. У.* Карст Ивановской области. — В кн.: Региональное карстоведение. М., 1961.

*Мартин В. И.* Карст и водный баланс бассейна р. Яман-Елги. — В кн.: Вопросы карстоведения, вып. 2. Пермь, 1970.

*Мартин В. И.* Карст в гипсах Южного Приуралья. — «Мат-лы восьмого Всеуральск. совещ. по вопр. геогр., охраны природы и природопользования». Уфа, 1973.

*Мартин В. И.* Гидрогеология и типы карста Башкирии. Автореф. канд. дис. Пермь, 1975.

*Маруашвили Л. И.* Морфологический анализ карстовых пе-

шер. — В кн.: Очерки по физической географии Грузии. Тбилиси, 1969.

*Маруашвили Л. И.* Стадии малого спелеоморфогенетического цикла. — «Сообщения АН ГССР», 1970, т. 59, № 3.

*Матвеев Н. П.* Карст Москворецко-Окского междуречья. — В кн.: Вопросы изучения карста Русской равнины. М., 1966.

*Мелешин В. П.* Поверхностные формы карста в Степном Крыму. — «Землеведение», 1969, т. 8 (48).

*Милановский Е. В.* Карстовые явления. БСЭ, т. 31, 1937.

*Миллер Н. С.* Предварительные материалы к вопросу развития карстовых процессов в пределах Брянской области. — «Учен. зап. Новозыбковского гос. пед. ин-та», 1955, т. 2.

*Миллер Н. С.* Карст в меловых отложениях Брянской области. — «Тезисы докл. на совещ. по карсту», вып. И. М., 1956.

*Миллер Н. С., Пядина Н. С.* Карстовые процессы на территории Брянской области. Новозыбков, 1952.

*Мильков Ф. Н.* К географии и морфологии активного мелового карста на юге Средне-Русской возвышенности. — «Изв. Воронеж, отд-ния Геогр. о-ва Союза ССР», 1957, вып. 1.

*Мильков Ф. Н.* Новые данные об активном меловом карсте юга Средне-Русской возвышенности. — «Науч. зап. Воронеж, отд-ния Геогр. о-ва СССР», 1963.

*Михайлова Е. В.* Карст в южном крыле Подмосковного бассейна. — В кн.: Специальные вопросы карстоведения. М., 1962.

*Михальский А. О.* О причинах возникновения провалов в пределах 452—454 верст Вольно-Ровенского участка Полесских ж. д. — «Изв. Геол. ком.», т. 20, № 9, 1901.

*Михно В. Б.* Меловой карст и ландшафтно-типологические условия строительства водоемов на юге Черноземного Центра. Автореф. канд. дис. Воронеж, 1971.

*Михно В. Б.* Распространение мелового карста на юге Черноземного Центра. — В кн.: Карст в карбонатных породах. Изд. МГУ, 1972.

*Михно В. Б.* Опыт географического районирования мелового карста Калачской и юга Среднерусской возвышенности. — «Землеведение», 1974, т. 10(50).

*Молитвин П. В.* Карст Онего-Двинского междуречья и его роль в водном режиме верховьев р. Емцы. — «Сб. работ по гидрол.», 1965, № 5.

*Монахова В. И., Буличкина А. С.* Поездка летом 1925 г. в южную часть Нижегородской губернии. — «Землеведение», 1927, т. 28, вып. 3—4.

*Морозов В. А.* Значение новейших тектонических движений в развитии мелового карста Приволжской возвышенности. — В кн.: Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья, вып. 3, ч. 3. Саратов, 1966.

*Морозов Л. Н., Свидзинский С. А.* Особенности карста на Эльтонском месторождении калийных солей. — В кн.: Гидрогеология и карстоведение, вып. 6. Пермь, 1975.

*Мусин А.* Карст Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Автореф. канд. дис. Казань, 1966.

*Нарбутас В., Пранайтис В.* Современный карст в девонских гипсах Северной Литвы. — Сб. статей для XIX междунар. геогр. конгресса. Вильнюс, 1960.

*Натаров В. Д.* Карсты и карстовые воды в докембрийских породах Саксаганского района Криворожского бассейна.— «Сов. геол.», № 9, 1961.

*Никитин С.* Геологические условия Сергеевских серных вод — «Изв. ком.», 1889, т. 8, № 7.

*Осовский Г. О.* О геологическом и палеоэтногеологическом характере пещер юго-западной окраины Европейской России и смежных с нею местностей Галиции.— «Труды Томск. о-ва естествоиспыт. и врачей», 1895, вып. 5.

*Отрецко А. И.* Особенности карста междууречья притоков Волги — Соки и Самары.— «Изв. Всесоюз. геогр. о-ва», 1962, т. 94, вып. 4.

*Отрецко А. И.* Некоторые особенности поверхностного и глубинного карста Куйбышевского Заволжья.— «Изв. Всесоюз. геогр. о-ва», 1965, т. 97, вып. 3.

*Паллас П. С.* Путешествие по разным провинциям Российской империи, ч. 1. СПб., 1773.

*Паллас П. С.* Путешествие по разным местам Российского государства, ч. 2, кн. 1. СПб., 1786.

*Паллас П. С.* Путешествие по разным провинциям Российского государства, ч. 3, половина 2. СПб., 1788.

*Панарина Г. Н.* Пещеры сульфатного и карбонатного карста Пермской области. Автореф. канд. дис. Пермь, 1973.

*Пашканг К. В.* Карст бассейна реки Зуши.— «Учен. зап. Моск. гос. пед. ин-та», т. 70. География, вып. 3. М., 1958.

*Платонов Н. Х.* Меловой карст восточной части Воронежской антеклизы.— В кн.: Общие вопросы карстоведения. М., 1962.

*Погребов Н. Ф.* О результатах гидрогеологических исследований, произведенных с целью выяснения вопроса о возможности снабжения С.-Петербурга так называемой ключевой водой.— «Труды второго Всерос. съезда деятелей по практической геол. и развед. делу», вып. 1. СПб., 1913.

*Пономарева Л. В., Котова И. О.* История изучения подземного карста Беломорско-Кулойского гипсового плато.— В кн.: Пещеры Пинского-Северодвинской карстовой области. Л., 1974.

*Попов И. В.* Инженерная геология СССР, ч. 2. Европейская часть СССР. Изд. МГУ, 1965.

*Попов И. В., Саваренский И. А.* Региональные основы инженерно-геологического районирования карста Русской равнины.— В кн.: Вопросы изучения карста Русской равнины. М., 1966.

*Попов Н. С.* Хозяйственное описание Пермской губернии, ч. 1. Пермь, 1804.

*Поршняков С.* О карстовых явлениях на Валдайской возвышенности.— «Изв. Гос. геогр. о-ва», 1939, т. 71, вып. 10.

*Поспелова Г. В.* Особенности развития мелового и соляного карста в Оренбургской области.— «Учен. зап. Оренбург, гос. пед. ин-та», 1968, вып. 20.

*Рандла Т. Э.* Новые данные о первом упоминании карстовых пещер на территории СССР.— В кн.: Пещеры, вып. 6(7). Пермь, 1966.

*Родионов Н. В.* Карстовые явления в верхнемеловых отложениях Центрально-Черноземных областей.— В кн.: Общие вопросы карстоведения. М., 1962.

*Родионов Н. В.* Карст европейской части СССР, Урала и Кавказа. М., 1963»

*Рыбин Н.* Карстовые явления центральной части Вятского увала — «Учен. зап. Казах. пед. ин-та», т. 1. Алма-Ата, 1940.

*Рычков Н. П.* Журнал или дневные записки путешествия капитана Рычкова по разным провинциям Российского государства в 1769 и 1770 году. СПб., 1770.

*Рычков П. И.* Топография Оренбургской губернии. СПб., 1762.

*Саваренский И. А.* Инженерно-геологическая оценка карстовых явлений в районе г. Дзержинска.— В кн.: Вопросы изучения карстовых явлений в районе г. Дзержинска. М., 1962.

*Саваренский Ф. П.* Гидрогеология. М.— Л., 1935.

*Сагитова Л. У.* Ландшафтные особенности района гипсового карста бассейна р. Аургазы.— «Вест. Моск. ун-та. Сер. геогр.», 1965, № 2.

*Саенко И. И., Рейхберг М. А.* Хроника изучения ленинградскими спелеологами пещер Пинего-Северодвинской карстовой области.— В кн.: Пещеры Пинего-Северодвинской карстовой области. Л., 1974.

*Севергин В. М.* Опыт минералогического землеописания Российской государства. СПб, 1809.

*Селивановский Б. В.* Современный карст Чебоксарского и Марийского Поволжья (в пределах левобережья Волги).— «ДАН СССР», 1948, т. 60, № 6.

*Селивановский Б. В.* Современный карст Среднего Поволжья.— «Учен. зап. Казан. ун-та», 1952, т. 112, кн. 8.

*Семихатова Л. И.* К геоморфологии Серпуховского уезда.— «Моск. краевед», 1928, вып. 3.

*Силич М. В.* Гидрография карста Литовской ССР.— «Труды III Всесоюз. гидрол. съезда», т. 9. Л., 1959.

*Скуодис В. В.* Особенности гипсового карста Прибалтики.— В кн.: Гидрогеология и карстоведение, вып. 7. Пермь, 1975.

*Соболев Н. Н.* О карстовых явлениях Онежско-Двинского водораздела.— «Изв. Рус. геогр. о-ва», 1899, т. 34, вып. 5.

*Соколов Д. С.* Карст района Куйбышевского водохранилища.— В кн.: Опыт и методика изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий крупных водохранилищ, ч. 1. М., 1959.

*Соколов Д. С.* Основные условия развития карста. М., 1962.

*Соколов Н. И.* Типологическая классификация карста.— «Мат-лы комис. по изуч. геол. и геогр. карста. Информ. сб. № 1». М., 1960.

*Соколова В. М.* Карст долины реки Пьяны.— «Учен. зап. Моск. гос. пед. ин-та», т. 39, вып. 4, 1955.

*Стрингис Е. Н.* Древние карстовые провалы в долине реки Даугавы.— «Изв. АН ЛатвССР», № 6, 1958.

*Стопневич А. Д.* О карстовых явлениях в Тихвинском уезде Новгородской губернии.— «Геол. вест.», т. 4. Пг., 1921.

*Ступишин А. В.* Карстовые явления и пещеры Среднего Поволжья на примерах Татарской АССР и Горьковской области.— «Тезисы докл. на Перм. карст. конф.». Пермь, 1947.

*Ступишин А. В.* Материалы по истории отечественного карстоведения (феодальный период 1689—1861).— «Учен. зап. Казан. ун-та», т. 115, вып. 2. География, 1955.

*Ступишин А. В.* Карст Среднего Поволжья. Автореф. докт. дис. М., 1956.

*Ступишин А. В.* Равнинный карст и закономерности его развития на примере Среднего Поволжья. Казань, 1967.

*Сысоев А., Ружевский С.* О некоторых карстовых явлениях в окрестностях г. Кунгура.— «Учен. зап. Перм. пед. ин-та», 1940, вып. 7.

*Татаринов К. А.* Карстовые пещеры Среднего Приднестровья.— В кн.: Типы карста в СССР. М., 1965.

*Татищев В. Н.* О мамонтовых костях. К примечаниям 1730 г., примечания на ведомости. СПб., 1732, № 100, 101.

*Терехов М. Г.* Карстовые явления в бассейне р. Тезы Иваново-Вознесенской губернии.— Отчет о деятельности Иваново-Вознесенского губерн. науч. о-ва краеведения за 1928 г. Иваново-Вознесенск, 1929.

*Тессман Н. Ф.* Карстовые явления в Архангельской области и их практическое значение.— «Учен. зап. Моск. гос. пед. ин-та», т. 120, вып. 3. География, 1958.

*Ткалич С. П.* Карст «Уфимского полуострова» (Башкирия) и намечающиеся закономерности его развития.— В кн.: Региональное карстоведение. М., 1961.

*Торсуев И. П.* Карст Онего-Северодвинского междуречья. Казань, 1964.

*Торсуев Я. П.* Распространение карста на севере Русской равнины.— «Геогр. сб.», вып. 3. Казань, 1967.

*Торсуев Н. Я.* Современная карстопораженность территории Тиманского поднятия.— В кн.: Физическая география и геоморфология Среднего Поволжья (и других регионов страны). Казань, 1972.

*Торсуев Я. Я.* Изучение карста севера Русской равнины за годы Советской власти.— В кн.: Карст равнинных территорий европейской части СССР. Казань, 1974.

*Торсуев Я. Я., Лазаревич К. С., Порман С. Р., Расковалкин А. И.* Карст юго-восточной части Печоро-Вычегодского междуречья.— В кн.: Карст равнинных территорий европейской части СССР. Казань, 1974.

*Турышев А. В.* О формировании депрессий вдоль склонов Уфимского плато.— В кн.: Геоморфология и новейшая тектоника Волго-Уральской области и Южного Урала. Уфа, 1960.

*Турышев А. В.* К вопросу изучения интенсивности развития карста гидрохимическим методом.— «Гидрогеол. сб.», № 2. Свердловск, 1962.

*Тутковский Я.* Полесские «окна». — «Землеведение», т. 6, кн. 4, 1899.

*Тутковский Я.* Карстовые явления и самобытные артезианские ключи в Волынской губ. ст. 1. Провалы почвы на Полесской ж. д.— «Труды о-ва исслед. Волыни», т. 4. Житомир, 1911.

*Тутковский Я.* Карстовые явления и самобытные артезианские ключи в Волынской губ. ст. 2. Провалы почвы в прибрежьях рек Стохода, Стыри и Горыни.— «Труды о-ва исслед. Волыни», т. 8. Житомир, 1912.

*Устюгов Ю. М.* Карстовые явления в Кировской области.— «Тезисы докл. на совещ. по изуч. карста», вып. 16, М., 1956.

*Федоров Е. С.* Заметка о Кунгурских пещерах.— «Мат-лы для геол. России», 1883, т. 11.

*Хейнсалу Ю. И.* Общая характеристика карстопроявления в Эстонской ССР.— «Науч. сообщ. ин-та геол. и геогр. АН ЛитССР», т. 4. Вильнюс, 1957.

*Хейнсалу Ю. И.* Карстовые явления четвертичного периода в Эстонской ССР. Автореф. канд. дис. Таллин, 1959.

*Хейнсалу Ю. И.* Особенности строения и развития карстового участка Ухаку в Северо-Восточной Эстонии. — «Изв. АН ЭССР», 1970, т. 19. Химия, геология, № 3.

*Ходьков А. Е.* Соляной карст Верхнекамского и Бахмутского района и закономерности его развития. — В кн.: Специальные вопросы карстоведения. М., 1962.

*Черных В. А., Юшкин Н. П.* Карстовые процессы и формы рельефа в Большеземельской тундре. — «Изв. Всесоюз. геогр. о-ва», 1967, т. 99, вып. 1.

*Чернышев Б. И.* О карстовых явлениях в Донецком бассейне. — «Землеведение», т. 28, вып. 3—4. М., 1927.

*Чернышев Ф.* Записка о прилегающих к Уфе участках Самаро-Златоустовской ж.-д.— «Изв. о-ва горн. инж.», год VI. № 1, 1897.

*Чикишев А. Г.* Методы изучения карста. М., 1973.

*Чикишев А. Г.* Пещеры на территории СССР. М., 1973.

*Чикишев А. Г.* Географические условия развития карста. М., 1975.

*Шерстюков Н. М.* Петрогенетические исследования карстовых образований. — «Труды Всесоюз. пром. акад. цветной металлургии», вып. 3. Свердловск — Москва, 1940.

*Шомысов Н. М.* Геологические экскурсии по Горьковской области. Горький, 1954.

*Шренк А.* Путешествие к северо-востоку Европейской России через тундры самоедов к северным Уральским горам, предпринятое в 1837 году. СПб., 1855.

*Штукенбер А. А.* Воронки около г. Кунгура Пермской губернии, по линии Пермь-Екатеринбургской железной дороги. — «Горный журнал», 1911, т. 1.

*Щербаков В. А.* Древний карст в докембрийских породах Украинского кристаллического массива.— «Разведка и охрана недр», № 2, 1954.

*Щукин И. С.* Общая геоморфология суши, т. 1. М.— Л— Новосибирск, 1933.

*Якушова А. Ф.* Карст палеозойских карбонатных пород на Русской равнине.— «Учен. зап. Моск. ун-та», 1949, вып. 136. Геология, т. 3.

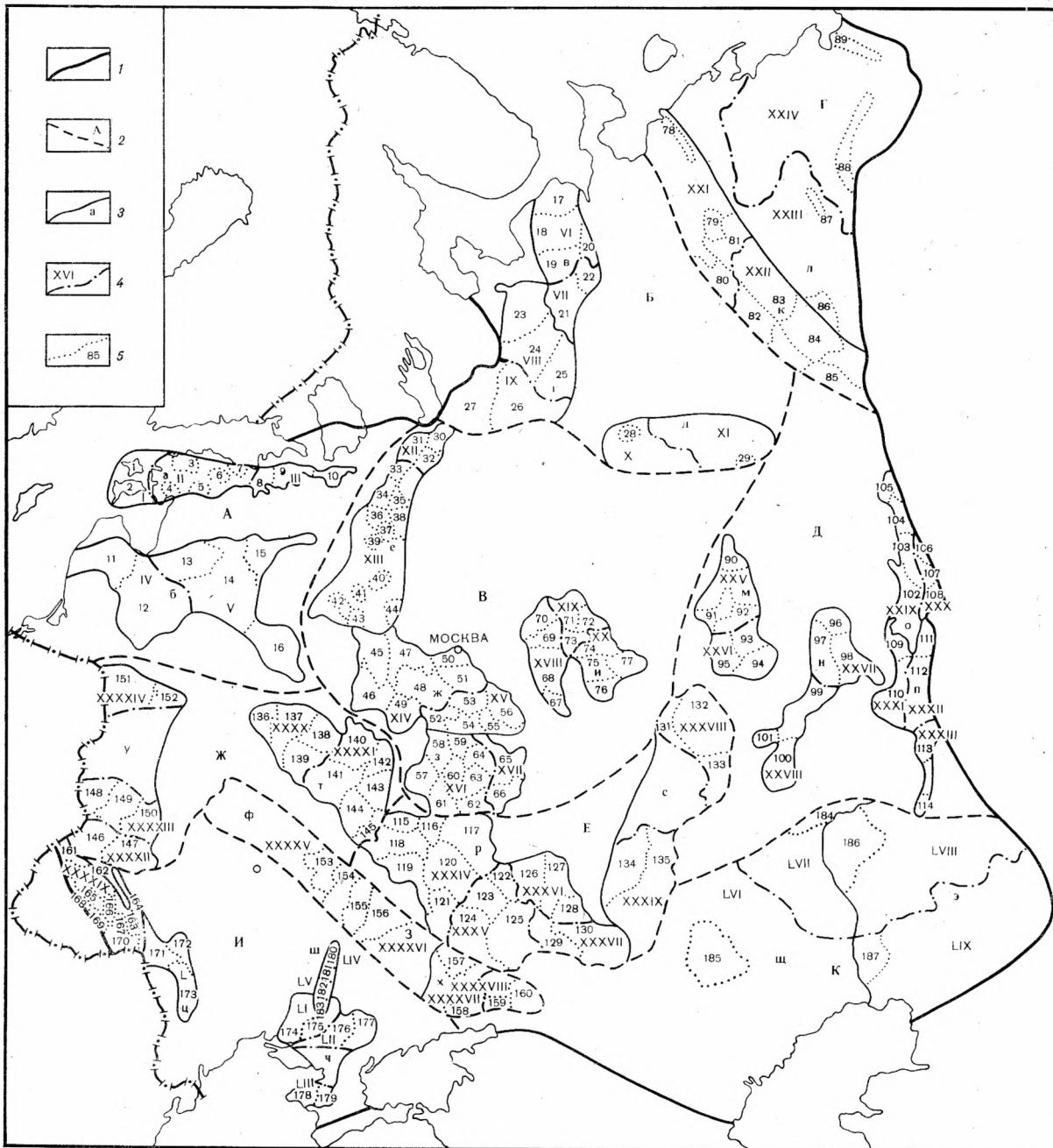
*Яцкевич З. В.* Материалы к изучению карста Индерского поднятия.—«Изв. Гос. геогр. о-ва», 1937, т. 69, вып. 6.

*Cvijić I.* Das Karstphänomen.— «Geogr. Abhandl», Bd V, H. 3. Wien, 1893.

*Cvijić I.* Hydrographie souterraine et évolution morphologique du Karst.— «Récueil de Travaux de l'Inst. de Geogr. Alpine». Grenoble, 1918.

*Kosack H. P.* Die Verbreitung der Karst und Pseudokarsterscheinungen über die Erde.— «Peterm Geogr. Mitteil.», 96 Jahr., 1952, 1 Quartalsh.

*Sweeting M. M.* Karst Landforms. London, 1972.



**Рис. 5. Схема районирования карты Русской равнины (составил А. Г. Чикишев)**

1 — граница карстовой страны Русской равнины;  
 2 — границы и индексы карстовых областей;  
 3 — границы и индексы карстовых провинций;  
 4 — границы и индексы карстовых округов;  
 5 — границы и индексы карстовых районов.

Карстовые области:

*A* — Прибалтийская;  
*B* — Онежско-Кулойская;  
*V* — Центрально-Русская;  
*G* — Тимано-Печорская;  
*D* — Средневолжско-Камская;  
*E* — Среднерусско-Приволжская;  
*Ж* — Деснинско-Припятская;  
 3 — Приднепровско-Донецкая;  
*I* — Молдавско-Украинская;  
*K* — Прикаспийская.

Карстовые провинции:

*a* — Северо-Прибалтийская;  
 б — Южно-Прибалтийская;  
 в — Двинско-Мезенская;  
 г — Онего-Двинская;  
 д — Северо-Увальская;  
 е — Валдайская;  
 ж — Московско-Окская;  
 з — Северо-Среднерусская;  
 и — Окско-Клязьминская;  
 к — Тиманская;  
 л — Печорская;  
 м — Средневолжская;  
 н — Жигулевско-Бугульминская;  
 о — Уфимско-Камская;  
 п — Дема-Уфимская;  
 р — Южно-Среднерусская;  
 с — Приволжская;  
 т — Днепровско-Деснинская;  
 у — Припятско-Неманская;  
 ф — Приднепровская;  
 х — Донецкая;  
 ц — Подольско-Молдавская;  
 ч — Причерноморская;  
 ии — Украинская;  
 щ — Западно-Прикаспийская;  
 э — Восточно-Прикаспийская.

Карстовые округа:

*I* — Западно-Эстонский;  
*II* — Северо-Эстонский;  
*III* — Ижорско-Волховский;  
*IV* — Литовско-Латвийский;  
*V* — Псковский;  
*VI* — Кулойский;  
*VII* — Пинежский;

*VIII* — Нижнедвинский;  
*IX* — Верхне-Онежский;  
*X* — Южский;  
*XI* — Лузинский;  
*XII* — Вепсовский;  
*XIII* — Валдайско-Торжокский;  
*XIV* — Московский;  
*XV* — Заокский;  
*XVI* — Окско-Донской;  
*XVII* — Задонский;  
*XVIII* — Окско-Цинский;  
*XIX* — Клязьминский;  
*XX* — Нижнеокский;  
*XXI* — Северо-Тиманский;  
*XXII* — Южно-Тиманский;  
*XXIII* — Западно-Печорский;  
*XXIV* — Восточно-Печорский;  
*XXV* — Вятский;  
*XXVI* — Приволжско-Нижнекамский;  
*XXVII* — Бугульминско-Белебеевский;  
*XXVIII* — Соко-Жигулевский;  
*XXIX* — Бельско-Чусовской;  
*XXX* — Уфимский;  
*XXXI* — Бельско-Уршакский;  
*XXXII* — Нижнебельский;  
*XXXIII* — Сакмаро-Илекский;  
*XXXIV* — Сеймско-Оскольский;  
*XXXV* — Дыйдар-Деркульский;  
*XXXVI* — Калачский;  
*XXXVII* — Донской;  
*XXXVIII* — Сурско-Терешкинский;  
*XXXIX* — Медведицкий;  
*XXXX* — Верхнеднепровский;  
*XXXXI* — Брянский;  
*XXXXII* — Волынский;  
*XXXXIII* — Полесский;  
*XXXXIV* — Белорусский;  
*XXXXV* — Западно-Приднепровский;  
*XXXXVI* — Восточно-Приднепровский;  
*XXXXVII* — Западно-Донецкий;  
*XXXXVIII* — Восточно-Донецкий;  
*XXXXIX* — Подольский;  
*L* — Молдавский;  
*LII* — Южно-Бугский;  
*LII* — Нижнеднепровский;  
*LIII* — Северо-Крымский;  
*LIV* — Кременчугский;  
*LV* — Криворожский;  
*LVI* — Волго-Узенький;  
*LVII* — Узенско-Уральский;  
*LVIII* — Урало-Илекский;  
*LIX* — Уил-Эмбенский.

Карстовые районы:

1 — Хиумский;  
 2 — Саремский;  
 3 — Кейлаский;  
 4 — Энгесаугаский;  
 5 — Прандинавестинский;  
 6 — Пандиверский;  
 7 — Кундакохтласский;  
 8 — Нарвалужский;  
 9 — Ижорский;  
 10 — Волховский;  
 11 — Курземский;  
 12 — Даугавский;  
 13 — Видземский;  
 14 — Ханья-Латгальский;  
 15 — Ильменский;  
 16 — Витебский;  
 17 — Койдинский;  
 18 — Лакинский;  
 19 — Кельдинский;  
 20 — Олминский;  
 21 — Пукшенингский;  
 22 — Среднепинежский;  
 23 — Ваймутский;  
 24 — Мехренъгинский;  
 25 — Вагинский;  
 26 — Няндомский;  
 27 — Андомский;  
 28 — Сухонский;  
 29 — Кобринский;  
 30 — Шола-Мегрский;  
 31 — Поша-Мегрский;  
 32 — Ивода-Колпский;  
 33 — Поша-Тихвинский;  
 34 — Тихвинский;  
 35 — Песь-Соминский;  
 36 — Песь-Верхнеуверьский;  
 37 — Уверьско-Среднемстинский;  
 38 — Уверьско-Кобожский;  
 39 — Шегринско-Березайский;  
 40 — Цининский;  
 41 — Селижаровский;  
 42 — Жукопско-Верхнезападнодвинский;  
 43 — Межа-Верхнетудовский;  
 44 — Бойня-Верхнетьминский;  
 45 — Вяземский;  
 46 — Верхнеутринский;  
 47 — Гжатский;  
 48 — Протвинский;  
 49 — Сухиничский;  
 50 — Московско-Пахринский;  
 51 — Пахринско-Окский;  
 52 — Упский;  
 53 — Каширский;  
 54 — Тульский;

- 55 — Пронинский;  
56 — Рязанский;  
57 — Окско-Неручский;  
58 — Упа-Зушинский;  
59 — Доно-Плавский;  
60 — Зуша-Соснинский;  
61 — Неручь-Кшеньский;  
62 — Доно-Кшеньский;  
63 — Доно-Семенекский;  
64 — Доно-Турдайский;  
65 — Ряса-Донской;  
66 — Доно-Воронежский;  
67 — Цининский;  
68 — Гусь-Ушининский;  
69 — Судогдинский;  
70 — Уводьский;  
71 — Лухский;  
72 — Балахнинский;  
73 — Суворо-Шульгинский;  
74 — Сережа-Онкий;  
75 — Тешский;  
76 — Мокша-Алатырский;  
77 — Пьянинский;  
78 — Индигский;  
79 — Мыльский;  
80 — Мезенский;  
81 — Пижмский;  
82 — Веелянский;  
83 — Ухтинский;  
84 — Верхневычегодский;  
85 — Пильва-Ельский;  
88 — Сойвинский;  
87 — Кожвинский;  
88 — Чернышевский;  
89 — Черновский;  
90 — Вятско-Немдинский;  
91 — Кокшага-Иletский;  
92 — Иletь-Казанский;  
93 — Мешский;  
94 — Актайский;  
95 — Нижнесвияжский;  
96 — Нижнеинский;  
97 — Мензеля-Шешминский;  
98 — Икско-Усенский;  
99 — Сокский;  
100 — Самаро-Иргизский;  
101 — Жигулевский;  
102 — Бирский;  
103 — Иренский;  
104 — Сергинский;  
105 — Полазинский;  
106 — Сылвинский;  
107 — Сарский;  
108 — Яманьельгинский;  
109 — Чермасанский;  
110 — Демский;
- 111 — Симский;  
112 — Стерлитамакский;  
113 — Якшимбетовский;  
114 — Илецкий;  
115 — Свала-Тускорьский;  
116 — Рать-Кшеньский;  
117 — Олым-Потуданский;  
118 — Сеймско-Псеслекий;  
119 — Пселско-Северскодонецки  
120 — Среднеосколский;  
121 — Нижнеосколский;  
122 — Доно-Белогорский;  
123 — Верхне-Айдарский;  
124 — Осколо-Айдарский;  
125 — Деркульский;  
126 — Западно-Калачский;  
127 — Центрально-Калачский;  
128 — Восточно-Калачский;  
129 — Западно-Донской;  
130 — Восточно-Донской;  
131 — Среднесуурский;  
132 — Верхнесвияжский;  
133 — Терешкинский;  
134 — Терский;  
135 — Иловлянский;  
136 — Друтский;  
137 — Пронянский;  
138 — Климовичский;  
139 — Беседский;  
140 — Надвинский;  
141 — Судостинский;  
142 — Ревнинский;  
143 — Нерусский;  
144 — Ивоткинский;  
145 — Клевенский;  
146 — Верхнебугский;  
147 — Кременецкий;  
148 — Верхнеприпятский;  
149 — Стоходский;  
150 — Горынский;  
151 — Неманский;  
152 — Березинский;  
153 — Удайский;  
154 — Хоролский;  
155 — Полтавский;  
156 — Коломакский;  
157 — Бахмутский;  
158 — Волновахинский;  
159 — Тузловский;  
160 — Краснодонский;  
161 — Немирово-Нестеровский;  
162 — Львовско-Бучачский;  
163 — Чортково-Орининский;  
164 — Толтринский;  
165 — Ходорово-Коропецкий;  
166 — Золотники-Устечский;
- 167 — Серетско-Нижнебручинский;  
168 — Нижнестрыйско-Глуменский;  
169 — Тлумач-Городенский;  
170 — Кцидмань-Хотинекий;  
171 — Чугур-Кайнарский;  
172 — Мурафинский;  
173 — Реутский;  
174 — Ингульский;  
175 — Ингулецкий;  
176 — Каховский;  
177 — Мелитопольский;  
178 — Тарханкутский;  
179 — Сасыкский;  
180 — Павлынский;  
181 — Желтореченский;  
182 — Радушинский;  
183 — Широкинский;  
184 — Чаганский;  
185 — Джаныбекский;  
186 — Ирубайский;  
187 — Кызылуйский.

**Анатолий Григорьевич Чикишев**  
**КАРСТ РУССКОЙ РАВНИНЫ**

**Утверждено к печати редколлегией  
серии Научно-популярных изданий  
Академии наук СССР**

**Редактор Л. И. Приходько**  
**Художник И. Б. Кравцов**  
**Художественный редактор В. Г. Ефимов**  
**Технический редактор Н. П. Кузнецова**  
**Корректоры Г. Н. Лаш, В. Г. Петрова**

**ИБ N4217**

**Сдано в набор 21/VII-1977 г.**  
**Подписано к печати 20/XII-1977 г.**  
**Формат 84x108<sup>1/32</sup>**  
**Бумага типографская № 2**  
**Усл. печ. л. 10,2**  
**Уч.-изд. л. 11,4**  
**Тираж 19 000**  
**Т-18675**  
**Тип. зак. 2738**  
**Цена 75 коп.**

**Издательство «Наука»**  
**117485, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 94а**  
**2-я типография издательства «Наука»,**  
**121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10**

75 к.



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«НАУКА»  
ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ  
КНИГА:

РЕЗАНОВ И. А.  
**Образование гор.**  
10 л. 65 к.

Происхождение гор — одна из важнейших проблем естествознания. Здесь скрещиваются интересы почти всех наук, изучающих Землю: геодезии, географии, геофизики и даже океанологии — ведь горы есть и на дне океанов. Читатель познакомится с методами изучения горного рельефа, совершил путешествие в различные высокогорные страны, узнает, как с помощью высокоточных приборов измеряют скорость образования гор.

В книге рассказывается о новейших достижениях в изучении геофизическими методами коры и мантии Земли под горами,

о гипотезах, объясняющих образование гор.  
Рассчитана на широкий круг читателей.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазина «Книга — почтой» «Академкнига»:

480391 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97; 370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13; 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95; 252030 Киев, ул. Пирогова, 4; 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2; 197110 Ленинград, П-110, Петрозаводская ул., 7-А; 117464 Москва, В-464, Мичуринский проспект, 12; 630090 Новосибирск, 90, Морской проспект, 22; 620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137; 700029 Ташкент, Л-29, ул. К. Маркса, 28, 450074 Уфа, проспект Октября, 129; 720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42; 310003 Харьков, Уфимский пер., 4/6.