ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОУ ВПО «КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.П. АСТАФЬЕВА»

Географический факультет

Кафедра физической географии

Дипломная работа

"Карст Красноярского края"

Красноярск 2007

Содержание

Введение

1. Понятие карста

1.1 Карст: основные понятия

1.2 Карстовые формы

1.3 Классификация карста и вопрос о его районировании

1.4 Методика карстовых исследований

2. Факторы карстообразования

3. Карст Красноярского края

3.1 Из истории изучения карста Красноярского края

3.2 Характеристика основных карстовых областей в пределах Красноярского края

3.3 Хозяйственное значение карста

4. Применение материала дипломной работы в школе

Заключение

Библиографический список

**Введение**

Целью данной работы является описание и характеристика основных областей распространения карстовых явлений и форм на территории Красноярского края.

Задачи:

1. Раскрыть понятие карста
2. Дать описание основных подземных и поверхностных карстовых форм рельефа
3. Охарактеризовать факторы, влияющие на развитие карстового процесса и формирование карстовых форм рельефа
4. Охарактеризовать основные карстовые области в пределах Красноярского края.

Карстовые явления распространены чрезвычайно широко. По геологическим условиям примерно третья часть площади суши земного шара имеет потенциальные возможности для их развития. Вместе с тем карст существенно влияет на ландшафтные особенности территории, ее рельеф, сток, подземные воды, реки и озера, почвенно-растительный покров, хозяйственную деятельность населения. В карстовых областях находятся богато украшенные природой сказочные подземные дворцы-пещеры, служащие объектами посещения не только спелеологов, но и многочисленных туристов из многих стран мира.

Проблемами изучения карста и его распространением интересуются геологи, гидрогеологи, геоморфологи, гидрологи, физико-географы ландшафтоведы, инженеры-проектировщики и строители, многие специалисты других областей знаний, находящие в карстовых пещерах уникальные объекты для своих исследований, а также спелеологи – спортсмены.

**1. Понятие карста**

**1.1 Карст: основные понятия**

Карст – процесс выщелачивания растворимых горных пород подземными водами и выноса растворенного вещества через подземные каналы, а также формы рельефа, образующиеся в результате этого процесса.

Термин «карст» происходит от искаженного австрийского названия плато Карст в Словении, на котором эти явления ярко выражены и хорошо изучены европейскими исследователями.

Карстовые явления развиваются в растворимых природными водами горных породах, из которых наиболее широко по поверхности Земли распространены известняки. Однако карст в гипсах, ангидритах, каменной соли, а также в доломитах и других породах распространен весьма широко, хотя и уступает карсту в известняках. В гипсах, доломитах и солях карст интенсивно и быстро развивается, что важно учитывать при изысканиях для разного рода строительства, добыче каменной соли и т.д. Нельзя исключать из понятия «карст» явления, которые развиваются в неизвестняковых растворимых горных породах.

К карстовым следует относить явления, развивающиеся во всех растворимых природными водами горных породах: в известняке, доломите и переходных между ними разностях карбонатных пород, мелу и иногда в мелоподобном мергеле, мраморе, а также в гипсе, ангидрите, каменной соли, калийных, калийномагниевых и других соляных породах. В основе их возникновения лежит химический процесс растворения горной породы и геологический процесс ее выщелачивания, т.е. растворения с удалением (выносом) растворенного материала.

Понятие «карст» связано и с явлениями, которые распространены на поверхности Земли и в земной коре, и с процессом их возникновения. Географы пишут о карсте как о совокупности поверхностных и подземных форм и гидрологических особенностей, геологи же чаще рассматривают карст как процесс геологический, гидрогеологический. В целом же этот термин относится как к совокупности форм и гидрологический явлений, так и к процессам их возникновения и развития.

Существует несколько условий, необходимых для развития карстовых явлений. Во-первых, это наличие растворимой в природных водах горной породы, водопроницаемой вследствие трещиноватости или пористости. Во-вторых, наличие растворителя, т.е. воды, агрессивной к горной породе. В-третьих, наличие условий, обеспечивающих водообмен, – отток насыщенной растворенным веществом воды и постоянный приток свежего растворителя. Если первое условие определяется геологическим строением местности, то второе и отчасти третье тесно связаны с физико-географической обстановкой, второе- с почвенно-растительным покровом и климатом, третье- с геоморфологическими и гидрологическими условиями помимо геологической структуры и гидрогеологических особенностей.

Изучение карста, или карстоведение, по сути своей является отраслью знаний, входящей как в геологию, так и в географию (Гвоздецкий, 1981).

**1.2 Карстовые формы**

Формы рельефа, образованные в результате карстового процесса, делятся на поверхностные и подземные.

К поверхностным карстовым формам относятся карры, желоба и рвы, воронки, блюдца и западины, котловины, полья, останцы (Гвоздецкий, 1981).

Карры по происхождению делятся на возникшие на оголенной поверхности растворимой горной породы и образовавшиеся под почвенно-растительным покровом с последующим его удалением. Кары второго типа встречаются во многих странах мира.

Морфологически карры подразделяются на желобковые, стенные, лунковые, трубчатые (в виде трубкообразных цилиндрических углублений в гипсах), каменицы, карры в виде следов, бороздчатые, меандровые, трещинные (рис. 1). На Алтае выделяется еще один вид: на крутом известняковом откосе выработаны каровые углубления в химически относительно чистом известняке, разделенные узкими гребнями, которые соответствуют сильнокремнистым прослойкам.

По генезису особо выделяются желобковые и трещинные карры. Желобковые карры формируются под воздействием только атмосферных осадков, в результате первых трех фаз растворения известняка, без участия четвертой фазы, тогда как остальные типы карров образуются под действие всех фаз растворения: в их формировании участвуют и воды, обогащенные биогенной углекислотой за счет соприкосновения атмосферных осадков и талых вод с почвенно-растительным покровом. Трещинные карры отличаются от остальных путями удаления растворенного вещества: если у большинства других типов карров оно осуществляется поверхностным стоком, то при образовании трещинных карров участвует и вынос растворенного вещества подземным путем, через трещины.

(Гвоздецкий, 1981)

Существует несколько генетических классификаций карров, в которых предусматривается наличие или отсутствие прямого или косвенного влияния почвенно-растительного покрова, учитывается источник и характер растворяющей воды, пути удаления растворенного вещества.

Карстовые желоба и рвы более глубокие и обязательно с крутыми бортами. Они развиваются вдоль раскрытых тектонических трещин (нередко в результате разгрузки на крутых склонах), или вдоль трещин отседания склонов, или трещин «бортового отпора». Они тянутся на десятки и сотни метров, а иногда и на несколько километров, достигая различной глубины и ширины. На концах они замкнуты, на дне могут иметь многочисленные углубления.

Прямолинейные рвы в известняках, разработанные по вертикальным тектоническим трещинам, шириной 2–4 метра и глубиной дот 5 метров называют богозами.

Среди карстовых воронок выделяют три основных генетических типа:

1. Воронки поверхностного выщелачивания, или чисто коррозионные. Образуются за счет выноса выщелоченной на поверхности породы через подземные каналы в растворенном состоянии.
2. Провальные воронки, или гравитационные. Образуются путем обвала свода подземной полости, возникшей за счет выщелачивания карстующихся пород на глубине и выноса вещества в растворенном состоянии
3. Воронки просасывания, или коррозионно-суффозионные. Образуются путем вмывания и проседания рыхлых покровных отложений в колодцы и полости карстующегося цоколя, выноса частиц в подземные каналы и удаление через них во взмученном и взвешенном состоянии.

Распространен и переходный тип между вторым и третьим.

Кроме трех основных и переходного могут существуют еще несколько типов. По происхождению близки к воронкам поверхностного выщелачивания коррозионно-эрозионные воронки, возникающие из поноров на дне логов или польев. Более редкий тип – воронки, разработанные действием восходящих источников (рис. 2).

Блюдца, западины – это нечетко выраженные мелкие воронки.

Котловины. Воронки всех генетических типов, сливаясь своими краями, образуют сдвоенные, строенные и более сложные ванны и котловины. Выделяют два основных типа котловин – сложные, которые образуются при слиянии нескольких больших воронок и имеют углубления на дне, и плоскодонные котловины. Выделяют следующие генетические типы котловин: поверхностного выщелачивания, провальные, просасывания, а также созданные в комбинации с другими процессами, например, эрозионными. Крупные котловины поверхностного выщелачивания часто образуются за счет корродирующего действия талых вод снежных и фирновых пятен. Многие из таких котловин – наследие перигляциальных условий последней ледниковой эпохи.

Полья по своему происхождению до недавнего времени разделяли на:

1. Тектонические.
2. Возникшие путем подземного механического выноса нерастворимой породы, залегающей среди карстующихся известняков или на контакте с ними.
3. Образовавшиеся путем слияния группы смежных воронок и котловин при их росте в горизонтальном направлении.
4. Провальные.

Крупные котловины чисто тектонического происхождения (грабены, синклинальные прогибы) нельзя считать польями. При образовании польев обязательны выщелачивание и вынос растворенного вещества через подземные каналы. Поэтому в первую группу следует включать тектонически-коррозионные и тектонически-коррозионно-эрозионные. К этой группе относятся полья Югославии. Полья третьего типа обычно небольшие, неправильной лопастной формы в плане. Они характерны не только для карбонатного, но и для гипсового карста, встречаются даже в платформенных условиях.

(Гвоздецкий, 1981)

Карстовые останцы характерны для весьма зрелых стадий развития карста. Они многочисленны и разнообразны в быстро развивающемся соляном карсте. В карбонатном же карсте останцы свойственны тропическим областям, если не иметь в виду разного характера мелкие, а также реликтовые формы, образовавшиеся в прежних тропических условиях (рис. 3).

Для тропического карста характерны высокие и крутосклонные останцы в виде столбов, конусов, плосковерхих башен и более мелкие конусообразные и куполовидные формы.

Склоны останцов могут быть голыми, изборожденными желобковыми карами либо густо одетыми древесно-кустарниковой растительностью, среди которой на оголенных отвесных скалах развиты стенные карры. В обрывистых стенах встречаются гроты, нередко со сталактитовыми занавесями. Внутри останцы бывают прорезаны пещерными ходами. Считают, что останцы образуются лишь в химически относительно чистых известняках.

Останцовый карст представляет собой зрелую стадию расчленения приподнятого плосковерхого известнякового массива. Крутизна склонов останцов обусловлена вертикальной трещиноватостью известняков и ослабленностью склонового стока из-за их водопроницаемости. Большое значение имеет обваливание известняка по трещинам из-за подтачивания останцов снизу водами, которые заливают равнины в их основании, или грунтовыми водами, залегающими у базисной поверхности. В основании останцов из-за этого возникают развивающиеся в горизонтальном направлении коррозионные ниши. Подтачиванию останцов снизу боковой коррозией поверхностных вод способствует накопление на базисной поверхности водоупорных осадочных глин. Распределение реликтового останцового карста согласуется со смещением экватора в ходе геологической истории Земли.

Поскольку в низких широтах влажнотропическая климатическая обстановка существует уже не один геологический период, распространенный там останцовый карст можно считать не только современным, но и древним.

Переход от поверхностных форм к пещерам типа гротов представляют навесы и ниши. Нередко они бывают интересны в археологическом отношении. Часто это поверхностные образования, которые возникли из-за более интенсивного выщелачивания отдельных слоев или пачек слоев стекающими по обрыву водами, при большом значении биохимического выветривания (под действием поселяющихся на периодически увлажняемых поверхностях низших растений). В речных долинах и на берегах морей в поверхностном выщелачивании основную роль играют речные и морские воды. На морских берегах растворяющее действие морской воды сочетается с абразией.

В процессе образования более глубоких ниш существенное значение приобретают коррозия за счет вод, просачивающихся по трещинам в горной породе, и, кроме того, обрушение глыб породы из-за расширения трещин вследствие выщелачивания их плоскостей.

В известняковых нишах субтропических и тропических областей встречаются натечно-капельные образования. Сталактиты, сливаясь, образуют занавеси и драпировки.

Естественные мосты и арки чаще всего возникают при обрушении потолка пещерных тоннелей, а иногда и ниш.

Среди подземных карстовых форм можно выделить карстовые колодцы и шахты, пропасти и пещеры.

Карстовые колодцы и шахты – это вертикальные или крутонаклонные пропасти, различающиеся между собой по глубине; к шахтам относятся пропасти глубже 20 метров, достигающие несколько десятков, а то и сотен метров. Полости колодцев и шахт могут быть провальными (гравитационными), гравитационно-коррозионными, образованными путем выщелачивания водой карстующейся породы по трещинам и частичных обрушений; нивально-коррозионными, возникшими вследствие корродирующего действия (по трещинам) талых снеговых вод; коррозионно-эрозионными, которые образованы устремляющимися по трещинам вниз водными потоками, производящими размыв, подготавливаемый растворением по спайкам зерен горной породы; образованные подобным же действием восходящих по трещинам артезианских вод.

Карстовые пропасти представляют собой комбинации естественных шахт с горизонтальными и наклонными пещерными ходами. К ним относятся, в частности, глубочайшие карстовые пропасти мира, достигающие глубины 1000 метров и более. Первая шахта, с входным отверстием на поверхности, может быть коррозионно-эрозионной (чаще всего) либо нивально-коррозионной, гравитационно-коррозионной, провальной. Для глубинных частей пропастей нивально-коррозионные шахтные стволы не типичны. Наиболее обычны там коррозионно-эрозионные шахты, но встречаются гравитационно-коррозионные и провальные.

Большинство карстовых пещер образуется при ведущей роли выщелачивания, часто при совместном действии растворения и размыва горных пород (размыва, подготавливаемого растворением по спайкам зерен). Значительна бывает и роль обрушения породы, особенно на зрелых стадиях разработки пещерных полостей. Некоторые пещеры возникли под действием термальных и минеральных вод. Пещерные полости так называемого «рудного карста» развились под действием на известняк сернокислых растворов, образовавшихся при окислении пирита и других сульфидов. Встречаются пещеры, представляющие собой в основе сильно раскрытые тектонические трещины, но моделированные процессами выщелачивания (подземные карры и пр.) и осаждения по стенам трещин натечно-капельных образований.

Пещерные полости могут развиваться в зоне аэрации, т.е. в зоне вертикальной циркуляции просачивающихся вод. Однако большие карстовые пещеры зародились в основном при полном заполнении пещерных каналов подземными водами, в зоне полного насыщения, и вода в них циркулировала под гидростатическим давлением. Различают ряд стадий их развития, относящихся к эпохам полного и частичного заполнения водой – напорной эпохе и безнапорной. На основе переработки схемы Г.А. Максимовича Л.И. Маруашвили выделил семь стадий: три – в напорной эпохе эволюции (трещинная, щелевая, каналовая) и четыре в безнапорной (воклюзовая, водно-галерейная, сухо-галерейная, грото-камерная).

При восходящем развитии земной коры в условиях большой мощности известняковых толщ и складчатой структуры возникают многоэтажные системы пещерных галерей (горизонтальные или почти горизонтальные), заложение которых не связано с соответствующим наслоением горных пород.

Известны значительные многоэтажные пещерные системы. Палеозоологические и археологические данные свидетельствуют о более древнем возрасте верхних этажей в сравнении с нижними, указывая на некоторую аналогию развития пещер и террасовых уровней речных долин.

В морфологии пещерных полостей большая роль принадлежит трещиноватости карстующихся пород и натечно-капельным образованиям. При разработке пещерных тоннелей по вертикальным и круто наклонным трещинам они отличаются прямолинейностью, резкими «коленчатыми» изгибами. Под разными уклонами от них отходят ответвления. Нередко тоннели пересекаются, образуя сложные решетчатые лабиринты. Эволюция натечно-капельных образований зависит от уменьшения притоков воды в пещеру при переходе от воклюзовой к водно-галерейной и сухо-галерейной стадиям. Сначала развиваются наплывы на полу пещеры, гуры, затем сталагмиты с широким основанием, сменяющиеся далее палкообразными. И лишь когда приток воды снижается до 0,1 – 0,01 куб. см в сек, появляются сталактиты. (Максимович, 1965) При общем снижении обводненности пещеры в процессе ее эволюции на одной и той же стадии наблюдается в разных частях пещерной полости неодинаковые притоки воды, отчего появляются различные формы натечно-капельных образований.

Пещеры-ледники характеризуются ледяными натечно-капельными и кристаллическими образованиями. Выделено семь типов карстовых полостей-ледников, различающихся по условиям возникновения пещерного холода, накопления снега и льда. Три типа относятся к области вечной мерзлоты, где пещерный лед представляет собой ее особую форму (Гвоздецкий, 1981).

Выделяются 4 группы, которые отражают различия в развитии и строении пещерных полостей.

Группа А. Простые колодцы, начинающиеся со дна воронок и развивающиеся по трещинам.

Группа Б. Колодцы и шахты, заканчивающиеся гротами и галереями.

Группа В. Плоскодонные шахты и этажные пещеры. Это пример длительного развития пещер в горных странах. К этой группе относятся наиболее сложные по проходимости полости с очень красивыми пейзажами – большими гротами, озерами, огромным разнообразием натечно-капельных образований.

Группа Г. Горизонтальные о пологонаклонные пещеры. Среди них есть и простые галереи, и сложные лабиринты. Эти пещеры образовались на путях почти горизонтального движения подземных вод (Цыкин, Цыкина, Добровольский, 1974).

1.3 Классификация карста и вопрос о его районировании

На международной спелеологической конференции в Брно (1964 г.) была предложена классификация карста СССР, основанная на совмещении шести морфолого-генетических и пяти литологических типов. Теперь эта классификация дополнена и здесь будет также говориться о типах карста, которые не встречаются на территории бывшего СССР, но известны в других странах, преимущественно в тропических широтах.

Выделенные морфолого-генетические типы существенно отличаются друг от друга морфологически и генетически различными поверхностными, а иногда и подземными карстовыми формами и их сочетаниями. Литологические различия учитываются уже при выделении типов, потому что разная растворимость горных пород, скорость растворения и быстрота насыщения растворителя, различия в процессах растворения карбонатных и некарбонатных пород, их разные изменения от температурных, а поэтому и климатических условий – все это влияет на особенности развития карста, его морфологию и инженерно-геологическую оценку.

Полученные при совмещении морфолого-генетической и литологической классификаций типы карста группируются в два класса равнинного и горного карста (с подклассами низкогорного, среднегорного и высокогорного).

М.М. Свитинг (1972) выделяет четыре основных типа карста:

* настоящий карст (холокарст);
* флювиокарст;
* гляциально-нивальный карст, включая карст области вечной мерзлоты;
* аридный и семиаридный карст (причем последний тип рассматривается в главе о тропическом карсте и характеризуется лишь особенностями его тропических и субтропических вариантов).

Наметки подобной общегеографической классификации давались ранее, однако представляется, что выделенные Свитинг общегеографические типы карста слишком широки, каждый из них включает по несколько типов более дробной классификации Гвоздецкого, учитывающей не только общую физико-географическую обстановку развития карста, но также и характер и толщину покрова над карстующимися горными породами (выделение одного типа флювиокарста этого не дает) и очень важные литологические особенности.

В бывшем СССР Гвоздецким были выделены следующие морфолого-генетические типы карста: 1) погребенный, или ископаемый карст; 2) бронированный карст; 3) покрытый карст; 4) задернованный карст; 5) полузадернованный и частично задернованный карст; 6) голый карст; 7) останцовый тропический карст (на территории бывшего СССР только реликтовый); 8) карст, развивающийся в условиях вечной мерзлоты; 9) морской карст.

Основные литологические типы, с которыми совмещаются морфолого-генетические, следующие: 1) известняковый карст; 2) доломитовый карст; 3) карст в мраморах; 4) меловой карст, в том числе в мелоподобных мергелях; 5) гипсовоангидритовый карст; 6) соляной карст.

Полученные путем совмещения обоих классификаций типы карста именуются следующим образом: голый известняковый карст, покрытый гипсово0ангидритовый карст, погребенный меловой карст, причем такие типы могут быть отнесены к равнинному или горному классу.

Все морфолого-генетические типы карста, выделенные на территории СССР, встречаются и в других странах. Например, карст, сочетающийся с вечной мерзлотой, развит на Шпицбергене, в Канаде.

Останцовый тропический карст современный, хотя и достаточно древний по началу своего формирования, развит в тропических широтах. Он представлен несколькими подтипами: башенным, коническим и куполовидным карстом. Башенный (с плосковерхими крутосклонными останцами) и конический карст нередко называют заимствованными из немецкого языка международными терминами – «турмкарст» и «кегелькарст». Иногда останцы поднимаются среди краевых равнин, в других случаях они не связаны с ними и тогда сочетаются с многочисленными впадинами.

В тропических широтах распространены также морфолого-генетические типы, аналоги которых имеются и в карсте умеренных широт. К особому морфолого-генетическому типу тропического карста должен быть отнесен карст коралловых рифов, приподнятых над уровнем океанского прибоя.

Своеобразный вариант голого карста встречается в суббореальном поясе в области ледникового сноса, с которым здесь связана оголенность известняковой поверхности.

Поскольку карст существенно влияет на отдельные компоненты географического ландшафта и физико-географический комплекс в целом, то это позволяет рассматривать закарстованные территории в качестве особых географических ландшафтов. Их классификационный ранг определяется степенью влияния карста на разные компоненты ландшафта и ландшафт в целом. А эта степень влияния зависит в первую очередь от типа карста.

Отличие районирования карста от большинства других видов природного районирования заключается в прерывистости его распространения. Выделение региональных единиц, особенно более высокого таксономического ранга, основывается на выделении несплошных ареалов.

Поскольку само существование карста определяется литологическими условиями, то в основу районирования должны быть положены геологические (литологический и тектонический) факторы. Но, кроме того, необходимо учитывать и физико-географические условия, во многом определяющие особенности карста, зачастую его морфолого-генетический тип и классификационный ранг географического ландшафта закарстованной территории.

Может быть предложена следующая таксономическая система районирования карста: карстовые страна – область – провинция – округ – район. Внутри района при детальном исследовании рекомендуется выделять типологические единицы (участки разных типов карста), однако при необходимости в качестве индивидуальных единиц могут выделяться также подрайоны и микрорайоны (Гвоздецкий, 1981).

1.4 Методика карстовых исследований

Карстовый процесс не является непрерывным. Вековые, сезонные, даже суточные изменения режима температур, осадков и влажности воздуха влияют на его интенсивность. Поднятия и опускания вызывают смены периодов активизации и затухания закарстования. При движении вод от области питания к базису карстования происходит осаждение переносимых солей. Об этом свидетельствуют вторичная минерализация пустот в горных породах, кольматаж и заполнение макро- и микротрещин, натечные образования большой мощности в подземных полостях. Помимо неравномерности карстового процесса во времени весьма четко проявляется его неравномерность в пределах геологического пространства, обусловленная неоднородностью вещественного состава, структур и текстур горных пород, а также тектонической трещиноватостью.

Основными задачами карстолого-спелеологических исследований являются учет, прогноз и разработка мероприятий, предотвращающих вредное воздействие карста на хозяйственную деятельность человека. Изучение литологии и трещинной проницаемости карстующихся пород, как основных условий развития карста, должно способствовать решению этих задач.

Выделение типов и разновидностей пород, в различной степени подверженных закарстованию, проводится в первую очередь по их вещественному составу. Особое значение имеют количественные соотношения и структурные связи растворимых породообразующих минералов. Их определяют всеми современными методами, начиная с микроскопических и кончая химико-аналитическими, рентгеноструктурными, термическими, окрашивания, люминесцентными и инфракрасной спектроскопии. Особую роль играет выяснение характера вторичных процессов, изменяющих проницаемость пород: доломитизации, перекристаллизации, сульфатизации.

Важным моментом является анализ нерастворимых примесей. При этом необходимо не только выяснить минералогию нерастворимого остатка, в зависимости от которой уменьшается или увеличивается водопропускная способность породы, но и установить гранулометрический его состав, который определяет соотношение коррозии и эрозии в карстовом процессе. Структурные и текстурные характеристики породы, зависящие от ее вещественного состава, условий отложения и преобразования осадка, исследуются при литолого-фациальном анализе, проводимом как в полевых условиях, так и камерально. Под микроскопом изучаются большие шлифы, где можно наблюдать переход одних участков микроструктур в другие, выяснить характер вторичных процессов. В таких шлифах необходимо определять поровую и микротрещинную проницаемость. Для выделенных разновидностей пород следует определять вводно-физические и инженерно-геологические характеристики. После статистической обработки характеристик пород, полученных в полевых и лабораторных условиях, можно выделить ряд факторов, влияющих на скорость карстообразования, морфологию карстопроявлений и интенсивность карстового процесса.

Результаты аналитических работ позволяют построить ряд карт и схем. Эти карты могут служить основой для карстологического районирования и прогнозирования хода современных геодинамических процессов.

Исследование трещиноватости горных пород проводится поэтапно. Каждые последующий этап может быть результативным лишь при условии выполнения предыдущего этапа и получения соответствующих вторичных материалов.

На первом этапе при проведении полевых исследований собирают фактический материал. Традиционные методы изучения трещин позволяют выявить и задокументировать элементы их ориентировки в пространстве, характер поверхностей, размеры элементов трещин (протяженность, зияние), состав и степень заполнения, данные по водоотдаче. Непосредственным измерением могут быть получены характеристики густоты трещин, однако в большинстве случаем для этого необходимы пересчеты на угол среза фронтом обнажения. Обязательной является фиксация приуроченности трещин к элементам тектонической структуры и литологическим комплексам пород, а также расположения трещин в пределах обнажения и размеров исследуемых площадок.

В настоящее время все большее значение приобретают фотометоды: фототеодолитная съемка и аэрофотосъемка, позволяющие не только сократить время проведения полевых исследований, но и повысить точность измерения крупных трещин, дешифрируемых на снимках, а также оконтуривать и привязывать с высокой точностью к картам участки с разнотипной трещиноватостью. Эти методы дают возможность изучить крупные и редкие трещины, обнаруживаемые по изменению отражающей способности грунтов, малым формам рельефа, характеру распределения растительность. Зачастую карстовые формы рельефа приурочены к таким трещинам (либо к их пересечениям), а полости и пещеры ориентируются вдоль них. Первичным материалом в этом случае является фотоснимок и элементы его привязки к местности и аппаратуре. Чтобы перейти к статистической обработке данных о трещиноватости необходим камеральный этап дешифрования снимка и схема зафиксированной на нем информации с применением стереокомпараторов.

В последнее время широкое распространение получили методы морфоструктурного анализа территорий по крупномасштабным топографическим картам. Их можно рассматривать как родственные фотометодам, однако, поскольку при этом используются вторичные материалы (карты, построенные с применением стереофотограмметрии), отражающие главным образом элементы рельефа, гидрографической и эрозионной сети, то в этом случае могут быть выделены еще более крупные линеаменты. Для изучения проницаемости горных пород целесообразно применять петрографические методы изучения трещиноватости в шлифах и пришлифовках, когда объектом исследования являются малые и микротрещины.

Второй этап изучения трещиноватости заключается в статистической обработке первичного материала, что позволяет перейти к характеристике трещиноватости как совокупности тесно связанных между собой генетически и приуроченных к определенным геологическим телам трещинных систем. Применяемые методы определяют детальность и достоверность выводов при последующем анализе трещиноватости. Важное значение приобретает учет точности исходных данных. Моделировка поверхностей трещин приводит к снижению точности их ориентировки, что вынуждает при составлении распределений трещин ранжировать замеры по классам увеличенной ширины.

Статистическая обработка первичного материала позволяет сгруппировать материал в соответствии с геологической задачей, получить описательные характеристики трещиноватости, выполнить графические построения, рассчитать статистику распределений и выявить основные системы трещин, вычислить значения густоты трещин различных направлений и суммарной густоты, оценить обусловленную трещиноватостью анизотропию свойств разреза. К сожалению, изучение трещиноватости часто носит описательный характер, реже – сравнительный характер и завершается составлением роз-диаграмм азимутального типа. Остаются неиспользованными возможности выявления связей трещиноватости с тектонической структурой района, с вещественным составом и инженерно-геологическими характеристиками пород, с обвовдненностью разреза. На третьем этапе анализируется трещиноватость. При этом используются результаты статистической обработки, рассматриваемые на фоне тектонической структуры, литологических, инженерно-геологических либо гидрогеологических характеристик разреза исследуемого участка. На данном этапе выбирается рабочая гипотеза, вычисляются статистики связей, и проверяется коррелируемость статистик распределений трещин с характеристиками изучаемых явлений, оценивается согласие распределения с рабочей гипотезой, анализируются не учтенные рабочей гипотезой влияния, устанавливаются закономерные, обычно стохастические, реже функциональные связи между трещиноватостью и изучаемыми явлениями. В результате можно получить математическую модель явления или одномерный (профиль), двумерный (разрез, план) либо трехмерный (карта) графический материал, характеризующий эту модель.

На заключительном этапе составляется прогноз исследуемого явления. Прогноз может использоваться для построения карт на участки, недостаточно охарактеризованные первичным материалом, но позволяющим оценить вероятность применимости полученной модели. Более сложным является прогноз динамики процесса, поскольку полученная модель не всегда допускает возможность непосредственной экстраполяции во времени.

Изучение параметров и характеристик трещиноватости, трещинной проницаемости, трещинной анизотропии разреза, а также выявление связей и влияния трещиноватости на гидрогеологические и инженерно-геологические характеристики карстующихся толщ, является необходимым, но не достаточным условием для составления прогноза хода карстового процесса и выработкой схемы мероприятий для снижения либо предотвращения вредных его воздействий на народное хозяйство и окружающую среду. В связи с этим большое значение приобретает специальное литологическое изучение скорости карстования различных генетических и структурных разновидностей карстующихся пород, влияния нерастворимых примесей на карстовый процесс, а также выявление при изучении вторичной минерализации пород и заполнителей трещинно-полостных систем признаков активизации либо затухания карста. В данном случае также целесообразно применение аппарата статистической обработки получаемых первичных материалов.

Внедрение в геологическую практику компьютерной техники позволяет резко сократить трудоемкость вычислительных операций и повысить эффективность карстолого-спелеологических исследований (Васильев, Задорожная, 1977).

2. Факторы карстообразования

Среди факторов, определяющих процесс карстообразования, Н.А. Гвоздецкий (1954) выделяет следующие: химический состав горных пород, их структуру, трещиноватость, покровные образовании и рельеф, силу тяжести, подземные воды, тектонические структуры, мощность карстующихся пород.

Одним из основных карстообразующих факторов является **химический состав горных пород.** Можно утверждать, что, при прочих равных условиях, степень закарстованности больше там, где больше содержится в ней нерастворимых примесей. Влияние других факторов, как то: трещиноватости породы, количества, скорости движения и агрессивности циркулирующих вод, может сильно затушевывать влияние химического состава породы и иногда резко изменять картину.

Однако бывают исключения из выше сформулированного правила. Изучение воздействия подземных вод на мергели и другие нерастворяющиеся нацело (точнее, почти нацело) породы показало, что следует различать понятия растворения и разрушения породы. Под разрушением понимают суммарный результат выщелачивания из горной породы растворимых веществ и механического выноса током воды нерастворимого остатка. Бывает, что разрушение породы идет во много раз интенсивнее растворения. Там, где движение воды замедляется, нерастворимый остаток оседает, взвешенные частицы мути отстаиваются, – происходит отложение карстовой или пещерной глины

Разрушение породы в сравнении с растворением имеет особенно большое значение при образовании карстовых форм, а также в том случае, когда горная порода состоит из неодинаково растворимых минералов.

Если горная порода состоит из минералов с неодинаковой растворимостью и скоростью растворения, процесс ее разрушения усложняется. В известковистых доломитах, например, доломит и кварцит растворяются с разной быстротой в зависимости от их количественного соотношения в породе и скорости движения воды. При содержании доломита около 2 проц. скорость растворения кальцита меньше, чем доломита, при увеличении количества доломита соотношения скоростей растворения становится обратным и в первую очередь выщелачивается кальцит. Поэтому при растворении сильно доломитизированных известняков и известковистых доломитов. В виде остаточного продукта выщелачивания накапливается рыхлый доломит.

Отмечено, что в подобных литологических условиях карстовый процесс проявляется в разработке мелких многочисленных каверн, в высокой пористости породы, ничтожной ее прочности и в конечной стадии процесса – разрушении скальной породы с превращением ее в рыхлую мучнистую массу.

Процесс разрушения известковистого доломита сопровождается выносом 35–40 проц. первоначального объема породы, но в результате разрушения и разрыхления остающейся части продукты разрушения (доломитовая мука) целиком выполняют тот первоначальный объем, который занимала скальная порода.

В доломитизированных известняках объем породы после выщелачивания и разрушения бывает значительно меньше первоначального – объем растворенной части в несколько раз превосходит объем продуктов разрушения; последние в этом случае, следовательно, не заполняют пустоты целиком.

Процесс полного разрушения карбонатной породы, сопровождающийся изменением минералогического состава, возможен в том случае, если порода состоит не менее чем на 35 проц. из кальцита и содержит не более 65 проц. доломита. При меньшем количестве кальцита, после его выноса процесс выщелачивания и разрушения совершается далее в чистом доломите и не сопровождается изменением минералогического состава, т.е. это уже другой процесс, при котором первостепенное значение приобретает пористость (Гвоздецкий, 1954).

Также большое влияние на процесс карстообразования оказывает структура горных пород. На влияние химического состава горной породы, выражающегося в наличии или отсутствии значительного количества нерастворимой примеси, накладывается влияние структуры породы, которое затушевывает влияние химического состава при мелких его вариациях.

Большое значение имеет пористость, дающая возможность проникновения воды внутрь блоков пород, заключенных между трещинами, и даже просачивания сквозь нетрещиноватые толщи. Пористость сильно увеличивает поверхность соприкосновения воды с породой, что способствует разрушению породы путем растворения.

При лабораторных исследования растворимости доломитов было установлено, что наиболее растворимы среднезернистые и особенно разнозернистые породы. Значительно труднее растворимы микрозернистые и крупнокристаллические карбонатные породы. Но растворимость мелких кристаллов выше, чем крупных, и плохая растворимость мелкокристаллических пород связана с их малой пористостью.

В отношении же крупнозернистых и кристаллических пород нужно сделать следующую оговорку. В природных условиях можно ожидать большего эффекта их карстования, если налицо турбулентное движение карстовых вод и скорость движения достаточна для эрозионного воздействия на стенку трещины. В этом случае эффект карстования должен повыситься за счет одновременного действия растворения и размыва (Гвоздецкий, 1954).

Трещиноватость горных пород является основным условием развития карста. Известняки являются плотной водонепроницаемой породой, циркуляция воды в них может происходить только по трещинам. Такими же плотными водонепроницаемыми породами в большинстве случаев являются гипсы и другие карстующиеся породы. Вот почему трещиноватость пород играет исключительную роль в процессе закарстовывания.

Влияние трещиноватости на развитие карста подчеркивалось очень многими исследователями карстовых форм, особенно исследователями пещер. (Гвоздецкий, 1954)

Как поверхностные карстовые образования, так и внутренние пустоты связаны с трещиноватостью породы, которая является главной причиной развития карстовых образований, наряду с характером самой породы и доступом к ней просачивающихся вод. При образовании подземных форм карста трещины служат первичными водопроводящими путями, при образовании поверхностных форм любых размеров и типов – первичными каналами выноса материала водой в растворенном или взвешенном состоянии, благодаря чему и создаются на поверхности замкнутые формы. Коррозию вне связи с трещиноватостью можно представить только на покатых поверхностях обнаженных пород (или пород с проницаемой покрышкой), но и в этом случае она наиболее интенсивно будет проявляться там, где порода будет рассечена трещинами. Во всех случаях трещиноватость очень существенно отражается на внешнем облике форм. Часто она предопределяет расположение форм.

Трещины бесконечно разнообразны по своей ширине (первичные трещинные полости могут измеряться десятками сантиметров и даже метрами) и по направлению. Они образуют очень сложную сеть на поверхности и в глубине карстующихся массивов.

Косвенное влияние на процесс развития карста оказывают тектонические структуры, а также мощность карстующихся пород. Поскольку на развитие карстовых процессов существенно влияет трещиноватость горных пород, то совершенно ясно, что этот процесс зависит косвенно и от интенсивности дислокационных процессов, которым подвергалась местность. Эта косвенная зависимость развития карста от тектоники отмечалась многими исследователями. Другим обстоятельством, не менее важным, является зависимость циркуляции подземных вод от характера тектонических структур.

Покровные образования и рельеф местности также оказывают на карст существенное влияние. Долгое время существовало представление, что карст не может развиваться при наличии покрова из слабо водопроницаемых образований значительной мощности.

Если геологические и геоморфологические условия обеспечивают интенсивную циркуляцию вод в растворяемых породах, то и под покровом слабо проницаемых пород создаются карстовые полости, в которые суффозионным путем просасывается или оседает покровный материал. При этом первоначально таким путем могут возникать полости в основании покровной толщи, а затем происходит оседание покровной кровли и образование поверхностных воронок.

Условия, благоприятные для развития карста под сравнительно мощными покровными образованиями, создаются в приподнятых краевых зонах синеклиз, где подземные воды движутся с большими скоростями по направлению к древним уступам или глубоко врезанным речным долинам. Выщелачивание происходит также в долинах в долинах рек непосредственно под руслом, поскольку русло реки является зоной дренажа подземных вод.

Крутизна склона топографической поверхности в значительной мере определяет степень инфильтрации дождевых и талых снеговых вод. На участках с меньшей крутизной инфильтрация больше, поэтому здесь условия для развития карста благоприятнее.

Под действием силы тяжести происходит циркуляция вод в трещинах и каналах карстующейся толщи. Сила тяжести вызывает обрушение самих пород или в бортах каньонов и обрывов, или в сводах подземных полостей. Во всех случаях значение имеют тектонические трещины, расширяющиеся коррозией, а в последнем и трещины наслоения. «Сквозные» обрушения над подземными пустотами и туннелями подземных рек приводят к образованию провалов и к вскрытию речных долин. Обрушения в сводах подземных полостей по расширенным растворением тектоническим трещинам и трещинам наслоения играют большую роль в образовании пещерных камер и зал.

Напряжения, создающиеся под действием силы тяжести вдоль крутых откосов у бортов каньонов и долин, по краям уступов плато, расширяют трещины тектонической отдельности, что способствует проникновению воды в глубь толщи породы и развитию карста (Гвоздецкий, 1954).

Подземные реки, связанные с исчезающей наземной рекой или с исчезающим рукавом наземной реки, иногда пересекающие насквозь карстовые массивы, образовались благодаря просачиванию вод наземных водотоков в трещины породы, которые являлись первичными каналами для движения исчезнувшей воды под землей, а затем превратились вследствие растворяющего и размывающего действия потока в подземные туннели. Формирование этих туннелей тоже, в основном, должно было происходить снизу вверх по течению подземного потока, т.е. оттуда, где этот последний свободно изливался на дневную поверхность. Постепенное перемещение действующих поноров исчезающих наземных карстовых рек вверх по руслу является отражением постепенного «попятного» отступания верховья подземной реки, связанной с исчезающим наземным потоком.

Если подземная река протекает на уровне грунтовых вод, то она точно так же дренирует их, как и река наземная. Взаимоотношение такой реки с грунтовыми водами совершенно ясно. Одновременное существование таких подземных рек и грунтовых вод (трещинно-карстовых вод) является скорее правилом, нежели исключением.

Что же касается выхода многих пещерных рек на значительной высоте над уровнем современных поверхностных рек, то и тут нет очень большой разницы между этими подземными притоками и притоками наземными. При энергичном поднятии местности последние тоже могут не поспеть за углублением главной реки и спускаться в нее стремительными каскадами. Но если они, в конце концов, пропилят и углубят свое русло, то из приподнятых подземных каналов вода также с течением времени уйдет новыми путями, оставив сухие галереи вместо площадок террас.

Традиционное выражение «подземная гидрография карста» имеет свое основание, так как в карсте действительно приходится иметь дело с «гидрографическими объектами», находящимися под землей, – реками, озерами. Следовательно, карстовед, изучающий подземный мир, должен вести под землей и гидрографические и гидрогеологические наблюдения (Гвоздецкий, 1954, стр. 139–142).

Карстовые источники характеризуются большой концентрированностью выхода вод. Особенно мощными они бывают тогда, когда на поверхность вытекают подземные реки или подземные струи, образовавшие единый водоток при выходе. Такие источники называют воклюзами.

Даже если установлена прямая связь источника с ушедшей под землю рекой, не всегда выход воды в виде воклюза служит только продолжением этой реки – под землей к ней присоединяются боковые притоки.

Источники, бьющие из глубины под напором, иногда образуют озера в устьевых воронках, разработанных коррозией восходящей струи. Эти озерца имеют постоянный отток воды в виде ручья или речки.

Поскольку режим питания карстовых вод и подземных рек изменяется по сезонам, особенно в областях со средиземноморским климатом, дебит карстовых источников, даже типов воклюз и ключевого горшка, может резко колебаться. Если же выводные каналы источника связаны с зоной периодического, а не постоянного насыщения, то образуется периодический (периодически действующий) источник. Имеются и другие типы периодических источников. Некоторые источники периодически меняют водоизливающие функции на водопоглащающие (т.е. превращаются в поноры). Большой интерес представляют выходы пресной воды на дне моря – субмаринные источники.

Реки карстовых районов создают своеобразную гидрографическую сеть. Характерны разреженность поверхностной сети, поглощение поверхностного стока понорами в карстовых логах, воронках и котловинах и перевод его в подземный сток. Карст усиливает интенсивность подземного стока, нарушает плавный зональный характер его распределения. Характерно обилие подземных, пещерных рек, исчезновение под землю поверхностных водотоков. Во многих карстовых районах наблюдаются подземный водообмен между речными бассейнами (он может быть положительным и отрицательным) и несовпадение подземных водоразделов с топографическими.

Карстовые озера заполняют отрицательные поверхностные формы карста разного размера и характера: одиночные воронки, сложные ванны и котловины, пониженные участки днищ польев.

Различны и условия заполнения озерных котловин водой. Озеро может представлять собой скопление поверхностных вод либо оно питается грунтовыми карстовыми водами и испытывает колебания уровня, соответствующие колебанию их скатерти. Наконец, озеро может представлять собой заполненную напорной водой воронку восходящего источника с постоянным оттоком. Периодическое заполнение водой и осушение озерных котловин бывают связаны на только с колебанием уровня грунтовых карстовых вод, но и с большим поступлением воды при сильных или длительных дождях, снеготаянии, когда вода не успевает поглощаться понорами и скапливается в котловине, расположенной над уровнем грунтовых карстовых вод (Гвоздецкий, 1981).

3. Карст Красноярского края

**3.1 Из истории изучения карста Красноярского края**

История изучения карстовых явлений и форм на территории края и в первую очередь пещер, разнообразных провалов и шахт почти не освещена в литературе. Следовательно, необходимым является систематизация накопленных данных по карсту отмеченной территории.

Разрозненный материал о карсте края, различного объема и содержания, хранится в многочисленных геологических отчетах и в большинстве своем недоступен для практических работников. Между тем, отсутствие справки об изучении карста приводит к многократному открытию одной и той же полости, затрудняет районирование территории, исключает возможность сравнивать данные настоящих наблюдений с полученными ранее, выявлять закономерности гидротермического режима и особенности циркуляции подземных вод на определенном отрезке времени, проследить за изменениями карстовых ландшафтов.

Наиболее ранние сведения о наличии пещер под Красноярском получены от русского этнографа В.В. Радлова, в течение 10 лет путешествовавшего по Сибири. В своем труде «Сибирские древности» (1888) автор рассказывает о том, как красноярский казак Иван Нашивошников нашел в 1717 году «за Саянским камнем на речке Чжакуль в каменной пещере татарских писем на синей бумаге многое число».

В записи, извлеченной из дневника Д.Г. Мессершмидта, отправленного из Петербурга для изучения Сибири, находится сообщение об этой же пещере, очевидно принадлежавшее одному из его помощников. Неизвестно, посетил ли пещеру Мессершмидт, достоверно лишь то, что в устье речки Чахоль в известняках имеется группа пещер небольшой протяженности. Некоторые из них, представляющие собой широко открытые и доступные гроты, использовались местным населением в качестве молелен и своеобразных помещений для свершения ритуальных церемоний, что подтверждается находками идолов и других предметов религиозного культа.

Ф. Сталенберг, собиравший материалы по географии, истории и этнографии Сибири, описывает пещеру между Красноярском и Абаканом: «Берег представлял здесь из себя обрывистую скалу вышиною с самую большую колокольню, на середине которой было отверстие, находящееся приблизительно на 40 сажен вверх от уровня воды; это отверстие было шириной пять сажен и пятнадцать сажен высотой».

Основываясь на личных наблюдениях и других источниках, о пещерах и подземных реках Сибири упоминает В.Н. Татищев (1736, 1744). Примерно в эти же годы во время путешествия по Сибири посетил и коротко описал несколько пещер на Енисее и Мане И.Г. Гмелин. Он, как и многие другие русские исследователи того времени, высказал в принципе совершенно верные положения о происхождении карстовых форм, указывая в свое дневнике местоположение, породу, в которой сформировалась полость, на наличие или отсутствие минеральных и ледяных образований.

Несколько позже В.Ф. Герман, И. г. Гмелин, С. Щукин констатировали различные формы карста в Минусинской котловине (бассейны рек Тубы, Абакана).

В 1809 году вышло в свет сочинение академика Севергина «Опыт минералогического описания Российского государства», которое, по замечанию Гвоздецкого, «можно рассматривать как первую региональную сводку о карстовых явлениях России». Отдельные части этого труда посвящены характеристике пещер, провалов и шахт Крыма, Урала, Алтая, Красноярских и Енисейских гор. В подробных и обстоятельных описаниях ученый указывал размеры и разветвленность полости горных пород, в которых она возникла, приуроченность к тем или иным элементам рельефа.

П.С. Паллас (1819) упоминает о пещерах в кембрийских карбонатных породах бассейна Маны. По мнению Ю.П. Пармузина, Алтайские и Саянские пещеры относятся к числу первых, которые были описаны в Сибири И.П. Фальком, П.С. Палласом и другими путешественниками.

В 1831 году в «Записках об Енисейской губернии» публикуется статья И.С. Пестова «Комская каменная пещера».

А.П. Степанов (первый губернатор Енисейской губернии) в 1835 году описал пещеры вблизи дер. Черной.

Газета «Санкт-Петербургские ведомости» в ноябре 1849 года поместила сообщение о том, что «в Минусинском округе, т.е. в южной части губернии на правом берегу Енисея, где впадает в него судоходная река Туба, стоит огромный утес Тапсей, в котором природа образовала несколько пещер», и далее «вверх по Тубе, в двух верстах от дер. Шош, опускается в реку утес, а в нем видна тоже пещера, только в ней никто не бывал, да и нет возможности, утес прям, как стена. Гора эта называется «Ойхо».

В газете «Северная пчела» за ноябрь 1850 года была напечатана статья П. Щукина с сенсационным сообщением о пещере-туннеле под руслом Енисея у с. Комы. Сведения об этой пещере, как и многие другие, им подобные, представляли собой благодатный материал для появления различных антинаучных небылиц.

Во второй половине XIX века карстовые формы многих районов Сибири привлекли к себе внимание выдающихся исследователей А.Ф. Миддендорфа, П.А. Кропоткина и др.

И.С. Боголюбский (1882) обследовал пещеру в долине р. Усунжул, а на следующий год описал несколько полостей в Минусинской котловине. Взятые им образцы сталактитов с гидроокислами железа хранятся в краеведческом музее города Минусинска.

Д.А. Клеменц (1883) изучал пещеры на горе Сюс-Калистрахан (междуречье притоков рек Базоя и Сыры). В некоторых камерах этих пещер, разделенных узкими и тесными проходами, были найдены человеческие кости.

В 1885–1888 годах А. Еленев раскапывал и изучал пещеры в приустьевых районах р. Бирюсы – левого притока Енисея. Он зарегистрировал здесь 58 пещер. Ученый установил, что чаще полости располагаются на высоте 60–100 м над урезами местных дрен, произвел морфометрические замеры пещерных ходов, подробно описал результаты археологических исследований, доказал, что 20 пещер некогда были обитаемы, о чем свидетельствовала найденная в них керамика, костяные и железные предметы. Позже Бирюсинские пещеры изучал Боголюбский.

П.С. Проскуряков в 1895–1896 годах описал Айдашскую пещеру у г. Ачинска. Этот же исследователь в 1898 году изучал наиболее доступные пещеры, а также карстовые навесы и ниши в окрестностях с. Торгашино. В них были обнаружены кости различных животных, обломки керамики, железные ножи.

Пространное сообщение об исследовании этой же пещеры было опубликовано в ежедневной газете «Колокол».

В 1926–1927 годах Г.П. Сосновский, Н.К. Ауэрбах, В.И. Громов изучали Бирюсинские пещеры. О карстовых воронках в кембрийских известняках придолинной части Енисея, между Красноярском и устьем Нижней Тунгуски, говорит С.Л. Кулешов, а И.С. Гудилин отмечает широкое распространение воронок, просадок, пещер со сталактитами и сталагмитами в протерозойских известняках Тувинской республики.

Карст Минусинской котловины кратко характеризует Я.С. Эдельштейн; он по комплексу признаков делает вывод о том, что многие подземные полости еще не прекратили своего развития и находятся в стадии формирования. В качестве аргументации своих выводов автор называет исчезающие и вновь выходящие на поверхность реки.

В 40-х годах появляются сообщения о карсте в виде воронок, ниш и пещер на полуострове Таймыр. Геологи Щукина и Рожков регистрируют карстовые воронки, замещенные бокситоносными рудами в карбонатных породах Енисейского кряжа.

Начинают поступать данные о соляном карсте. В.И. Скок рассказывает, что в районе поселка Гиджа (22 км на север от Абаканского солезавода расположена пещера, в которой раньше добывали соль. В ней есть сталактиты и сталагмиты.

С 1949 по 1952 годы несколько геологических партий исследовали ряд пещер южных районов края. Они зарегистрировали свыше 100 пещер, из которых несколько десятков с различной детальностью описаны. Почти все полости отличаются легкой доступностью и небольшими размерами.

П.П. Хороших в популярном изложении опубликовал работу о пещерах Хакасии.

В середине 50-х годов выходят в свет монография Н.А. Гвоздецкого «Карст» и работа «Карст Приангарья и его влияние на природные комплексы», в которых непосредственно или косвенно освещаются общие и региональные вопросы карста данной территории. В это же время статьи, посвященные карсту Сибири, публикует Ю.П. Пармузин. Он подробно рисует палеогеографическую обстановку и выделяет основные эпохи карстообразования. В работах анализируются физико-географические условия современного карста, выясняется его роль в изменении сибирских ландшафтов.

М.В. Кириллов печатает содержательную статью «К вопросу о карстовых процессах на территории Красноярского края». На конкретном и свежем материале автор показывает области и районы имеющихся и возможных проявлений карста, дает краткое описание поверхностных его форм. Достоинство работы Кириллова состоит в том, что карст рассматривается им на геологической базе и с чисто географических позиций, что придает исследованию ландшафтный физико-географический аспект.

В 1957–1967 годах изучение подземного мира принимает особо широкий размах. Сотни людей включаются в трудную работу по сбору, систематизации и обобщению поступающего из разных источников материала. Появляются сведения о «бездонных ямах» в Новоселовском и Балахтинском районах, колодцах неизвестной глубины у ст. Копьево и г. Ужура, провалившихся тракторах в районе села Малый Хабык Идринского района, а также пещерах в устье реки Беллык, пос. Нарвы и в других местах. Наносятся на карты подземные источники и речки у г. Артемовска и долины р. Белый Нюс. Наряду с описанием различных форм карста, обращается внимание на интенсивность характеризуемого процесса, на связь карста с различными природными компонентами и зависимость расположения воронок от топографии местности, преобладающей трещиноватости.

Последовавшие одно за другим открытия пещер и шахт, а также значительных площадей, пораженных карстом, изменили сложившиеся годами убеждения, согласно которым карст Сибири (главным образом подземный), в силу неблагоприятного сочетания природных условий, морфологически выражен слабо. Подобные воззрения аргументировались пересеченным рельефом, относительно небольшими площадями водосборов и, конечно, широким распространением многолетней мерзлоты, благоприятствующей поверхностному стоку талых и метеорных вод.

Карст, как процесс естественно-исторический, признан реально существующим природным явлением вме6сте с такими мощными для Сибири – солифлюкцией, морозобойным выветриванием термокарста.

В 1962 году красноярская спелеосекция изучала пещеры у сел Анаш и Комы. Развенчанные легенды о «таинственном» подземном мире этих мест становятся не более чем увлекательными сказками, а любознательная и пытливая сельская молодежь активно вовлекается в изучение мира пещер.

Спелеологические работы показали, что на территории южной части края имеется полный комплекс карстовых форм, специфичных для областей умеренных широт. За это время осуществлено несколько спусков на дно Торгашинской шахты с пребыванием под землей до 100 часов. Геологи и географы, специалисты биологических наук проводят комплексные геоморфологические и гидрологические наблюдения в шахте Белой и группе Караулинских пещер, попутно собирая обильный остеологический материал. Во вновь открытых карстовых полостях устанавливаются репера для выяснения движения (направления и скорости) подземных россыпей и роста капельников. Для познания путей суточных и сезонных миграций летучих мышей, а также подсчета видового состава рукокрылых – производится их кольцевание. Открываются совершенно новые районы преимущественно подземного карста – Манский и Хакасский. В отрогах Куйсумских гор, вблизи поселка Торгашино, изучаются разветвленные системы пещер Ледяной, Медвежьей.

В 1962 году в районе р. Бирюсы изучались гроты пещеры Жемчужной, обязанной своим названием большому количеству найденных в ней оолитовых конкреций (пещерного жемчуга). В этой же полости наблюдались люминесцирующие сталагмиты и разнообразные озерные отложения. Спелеологи Дивногорска открыли здесь пещеру протяженностью 500 метров, которую назвали именем своего города. Несколько сложных галерей изучалось в окрестностях села Степной Баджей (район Маны).

В Хакасии (Ширинский административный район) завершилось знакомство с Кашкулакской пещерой длиной более 500 м, а также Кирилловской и других более мелких. В Кашкулакской пещере обнаружены следы многолетнего кострища и несколько человеческих скелетов.

Завершена съемка Бородинской пещеры (район села Боград), а спелеологами Красноярского педуниверситета изучена пещера на северо-западном склоне Западного Саяна. Первая длиной около 650 м поражает огромными залами и крупными капельниками, вторая представляет собой 180-метровую горизонтальную штольню и привлекает исследователей большими скоплениями костей животных.

В марте 1964 года была снаряжена спортивно-научная экспедиция в районы нижнего и среднего течения реки Мана и ее притока Мимии. Спелеологи более детально обследовали карстовые полости, зарегистрированные при первом рекогносцировочном походе; они провели сравнительные анализы новейших данных с полученными ранее, генерализуют и обобщают материалы по гидрологии. В ходе поисков обнаружено 8 небольших пещер, заложенных в конгломератах, и, кроме того, отмечены разнообразные формы поверхностного карста.

В апреле 1964 года отряд студентов-спелеологов начинает изучение закарстованных площадей Солгонского кряжа. В границах отмеченного региона открыты пещеры-ледники Таможенская, Октябрьская и несколько карстовых шахт, из которых извлечены крупные друзы сросшихся кристаллов кальцита, так называемых кристаллоктитов. В большинстве подземных полостей Солгона обнаружены сложные, эксцентричные капельники.

При осуществлении спелеологических маршрутов проводились топосъемки и наблюдения за микроклиматом. Крыльчатым анемометром измерялась воздушная циркуляция.

За период с 1960 по 1968 гг. В.И. Беляк публикует ряд статей о карсте Енисейского Присаянья. В целях популяризации спелеологических знаний без претензий на научную полноту, на страницах сибирской периодической прессы сделано более 30 сообщений, посвященных первому описанию пещер Сибири; в краевых газетах появлялись отражающие спелеологическую тематику статьи Беляка, Коваленко, Цыкиной.

Выход красноярцев на всероссийскую спелеологическую арену, их участие в крупнейших спелеологических мероприятиях (в том числе международных) – результат целенаправленной деятельности организаторов спелеологического движения в крае (М. Добровольский, И. Ефремов и др.).

На данном этапе сведения о карсте (в основном подземном) пополняются координированными работами многочисленных спелеологических групп в содружестве с краевым геологическим управлением, по инициативе которого осуществлена постановка специальных тематических исследований. Итог исследований – карта закарстованных пород как часть сводной карты азиатского сектора бывшего СССР.

В истории изучения карста Красноярского края можно выделить три этапа.

Первый включает в себя исследования пещер в 18 и первой половине 19 вв. Это время примечательно лишь регистрацией названных форм и описанием их доступных характерных частей.

Следующий этап охватывает вторую половину 19 в. и начало 20 в. По сравнению с предшествующим, он характеризуется более многогранным подходом к изучению различных карстовых форм. Наряду с палеонтолого-археологическим знакомством с пещерами, карст привлекает внимание горных инженеров, геологов, географов и представителей других наук о Земле.

Основным итогом рассмотренных этапов является то, что, несмотря на отсутствие специального учения о карсте, за это время (1717–1917 гг.) был накоплен значительный материал, подтверждающий существование, главным образом, подземных его форм.

Третий этап характерен систематическим и всесторонним исследованием Красноярского края, в том числе и карста. И все же изучение карста велось попутно, когда с ним сталкивались при археологических работах, инженерно-геологических изысканиях, при разведке месторождений полезных ископаемых.

Особенно усиленно карст изучается в 1957–1968 гг. За это время, благодаря активной деятельности красноярских спелеологов, удалось собрать обширный фактический материал, позволяющий выделить характеризуемую территорию в качестве интереснейшей карстовой области Сибири.

В заключение справки об истории изучения карста края, следует помнить, что, несмотря на длительный период знакомства с различными формами карста и очевидные достижения карстоведческо-спелеологичесикх работ последнего времени, необходимо еще более углубленное и полное исследование карста приенисейской части Восточного Саяна. Внимание заинтересованных лиц и организаций должно быть направлено на реконструкцию истории палеокарста и выявление древних форм карста, а с ним и залежей полезных ископаемых, а также поиски путей рационального использования земельных угодий закарстованных областей. Эти задачи, как и многие другие, не сформулированные здесь, необходимо расшифровать усилиями специалистов различных профилей, и, в первую очередь, географами (Беляк, 1970).

**3.2 Характеристика основных карстовых областей в пределах Красноярского края**

В пределах территории Красноярского края выделяется несколько карстовых областей, относящихся к 2 карстовым странам – Сибирской платформы и страны складчатого обрамления платформенных структур (рис. 4) (Цыкин, 1990).

Рис. 4. Схема основных карстовых областей на территории Красноярского края (Цыкин, 1990)

На крайнем севере края находится карстовая область Таймырского складчатого сооружения, которая охватывает обширную площадь арктической тундры (около 220 тыс. кв. км). В этой области выделяются низкие горы Бырранга в виде систем параллельных гряд и террасированная цокольная денудационная равнина побережья морей Карского и Лаптевых. Здесь сравнительно широко развиты четвертичные отложения разных генетических типов, скованные многолетней мерзлотой. Карбонатные породы мало распространены в разрезе геосинклинального комплекса байкалид, но играют существенную роль в составе нижнепалеозойского протоорогенного комплекса. Кроме того, они слагают значительные части ордовикской, силурийской, девонской и каменноугольной систем в мезозоидах гор Бырранга. Общая площадь распространения карбонатных пород составляет около 26 тыс. кв. км (11,8 проц. площади области). В отложениях девона имеются слои гипса и ангидрита.

В западной части области, в долине р. Тарея давно известен гипсовый неокарст задернованного и голого типов. В береговых обрывах и на террасах образовались воронки, останцы с нишами и гротами. В условиях Заполярья гипсовый карст морфологически сходен с карбонатным карстом более южных областей Сибири. О карбонатном неокарсте области данные пока очень малочисленны. Можно говорить о наличии источников, останцов в бортах долин, гротов, заполненных льдом, суходолов. Карстовые воронки выделить сложно в связи с наличием рыхлых отложений и термокарстовых форм. Палеокарстовые объекты из-за слабой геологической изученности области не выявлены (Цыкин, 1990).

Южнее находится **карстовая область Турухано-Норильской зоны поднятий**, которая относится к карстовой стране Сибирской платформы. Она протягивается в меридиональном направлении на 500 км при ширине 40–80 км. Площадь области 33 тыс. кв. км. Область включает Туруханское, Игарское и Хантайско-Рыбинское поднятия, которые рассматриваются в качестве карстовых районов. В отложениях геосинклинального комплекса центральных частей Туруханского и Игарского поднятий развиты карбонатные отложения рифея. Они очень разнообразны по составу, окраске, структурам и текстурам. В восточной и северной частях области развиты отложения нижних горизонтов платформенного чехла, среди которых широко распространены карбонатные породы. В разрезе среднего палеозоя встречены также слои ангидритов и гипсов, а в отложениях девона Норильского района есть слои каменной соли. Суммарная площадь карбонатных отложений рифея – нижнего палеозоя составляет 7,8 тыс. кв. км, а карбонатных и сульфатных отложений среднего палеозоя – 3,8 тыс. кв. км. Карстующимися породами сложено 35,2% территории.

Условия для изучения карста в области неблагоприятные из-за развития четвертичных отложений, мощность которых местами превышает 100 м. Эти отложения маскируют формы доледникового карста, в них развиты многолетняя мерзлота и термокарстовые явления, затрудняющие выявление форм классического карста. Относительно распространен карбонатный неокарст, обычно локализованный в бортах речных долин и тальвегов суходолов. Характерные формы – блюдца, воронки, останцы, щели, рвы, гроты, суходолы и поноры. Известны участки потери стока рек и ручьев, источники с дебитом до 1,0 куб. м/с (Коржуев, 1972; Мирошников, 1962; Пармузин, 1961). Гидрогеологические скважины в окрестностях г. Норильска вскрыли горизонты трещинно-карстовых вод в отложениях силура и девона. Воды ненапорные и слабонапорные, пресные гидрокарбонатные. Они обычно развиты до глубин 150 м, местами до 300 м. Характерные карстовые участки, где проявлены воронки, поноры, кары и ниши – долина р. Каменной (приток Большой Шорихи) в Туруханском районе, междуречье Омнутах – Биллях в Хантайско-Рыбинском поднятии.

Сульфатный неокарст локализован в полосе отложений девона по краю плато Сыверма и наблюдается в долинах рек Норилки, Мокутей, Рыбной и др. Он представлен системой просадочных и провальных воронок, многие из которых заполнены водой. Карстификация карбонатных и сульфатных пород под четвертичными отложениями большой мощности вызвала образование глубоких депрессий (30–70 м), выполненных четвертичным аллювием. Под руслом р. Норилки обнаружены водоносные емкости сечением до 10 м. Нефтепоисковыми скважинами в Туруханском карстовом районе в отложения нижнего кембрия на глубинах до 2500 м обнаружены трещинно-каверновые горизонты, связываемые с погребенным кембрийским карстом. Из этих горизонтов получены притоки соленых вод и рассолов до 0,12 куб. м/с, небольшие притоки нефти и газа (Цыкин, 1990,).

**Карстовая область Приенисейской ступени (моноклизы)** протягивается в юго-восточном направлении между Енисейским кряжем и Тунгусской синеклизой. Ее длина около 750 км, ширина 100–250 км. В южной и юго-западной частях области обнажены преимущественно карбонатные отложения нижнего кембрия. При погружении под молодые отложения в этих отложениях появляются каменная соль и ангидрит. На большой территории обнажена красноцветная карбонатно-терригенная толща среднего – верхнего кембрия, содержащая слои водорослевого доломита. В центральной и восточной частях развиты отложения ордовика, в нижнем отделе которых преобладают доломиты. В северной и северо-западной частях относительно широко распространены известняки и доломиты нижнего силура, а в Приенисейской полосе – известняки среднего девона.

При общей площади области 96,3 тыс. кв. км карстующиеся породы обнажены на 8,3 тыс. кв. км (8,6% территории). Они разнообразны по литологическим особенностям. Известняки по распространенности уступают доломитам и известняково-доломитовым разностям. По происхождению породы обломочно-хемогенные, обломочно-органогенные, обломочные. Залегание отложений от горизонтального до моноклинального (3–15 град.) и лишь в зонах разломов складчатое.

Выделенные карстовые районы отвечают впадинам и поднятиям нижнепалеозойского яруса платформенного чехла – Бехтинского, Вельминского, Камовского и Иркинеевского блоков, зоны Ангарских складок. Во всех районах фиксируется неокарст, представленный конусовидными и реже колодцеобразными воронками, понорами, суходолами, рвами, отседаниями в бортах долин, щелями и останцами. В отложениях нижнего кембрия карстовые участки известны в долине р. Ангары на отрезке от поселка Иркинеево до поселка Пинчуга (Воскресенский, 1962, с. 352), в долине р. Тагары, в бассейне Енды (притока Каменки), в слоях доломитов среднего – верхнего кембрия – в долине р. Куромба (притока р. Вельмо), в верховьях Кумонда и Тахомо, в междуречье Вельмо, Большого Пита и Камо, в доломитах и доломитовых известняках ордовика – в долине р. Подкаменная Тунгуска (в ее среднем течении), в известняках и известковых доломитах силура – в бассейнах рек Столбовая и Кучумдек (Коржуев, 1972; Пармузин, 1961).

Мел-палеогеновый бокситовый карст локально сохранился в зоне Ангарских складок. Так, на Тагарском железорудном месторождении на контакте рудных метосоматитов с закарстоваными карбонатными породами развиты пестрые глины с аллитами предположительно палеогенового возраста. Они выполняют вытянутую депрессию длиной до 2000 м и шириной до 600 м. В бассейне р. Енды изучены воронко- и котловинообразные депрессии, вмещающие бокситовые залежи Ендинского месторождения и ряда рудопроявлений (Бобров, 1968, с. 123). Возраст отложений меловой. В Бахтинском районе локально развит палеогеновый и меловой карст, отложения которого погребены под ледниковыми и аллювиальными осадочными образованиями плейстоцена. В южных районах есть признаки соляного неокарста. В частности, ряд малых притоков р. Иркинеевой (Билинея, Ерогошага, Бедоба) имеет необычно широкие корытообразные долины, что можно объяснить просадками палеозойских отложений в связи с глубинным растворением каменной соли. Польеобразные заболоченные понижения в верховьях рек Каталанга, Енла, Горбилок, Корда, Олленчимо, видимо, такой же природы. На этой территории известен ряд соленых источников, что свидетельствует о продолжающемся обессоливании отложений нижнего кембрия (Цыкин, 1990).

Наибольшей по площади является **карстовая область Тунгусской синеклизы.** Она отличается незначительным распространением карстующихся пород на уровне земной поверхности. В краевых частях ее, в долинах и поднятых блоках, обнажаются терригенно-карбонатные отложения ордовика, силура и девона. В них есть слои доломитов и известняков мощностью 10–20 м и более, линзы, прослои и жилы кальцита и гипса. Местами силур сложен карбонатными породами (восточная часть области). В Чадобецком кольцевом поднятии вскрыты карбонатные и терригенно-карбонатные толщи рифея и нижнего кембрия. Площадь карстовой области 985 тыс. кв. км, площадь выходов карстующихся пород 1,1 тыс. кв. км. В соответствии с особенностями геологического строения в периферических частях области выделены 3 карстовых района: Курейский, Тычано-Чадобецкий и Верхне-Вилюйский (последний не входит в пределы края).

Формы неокарста (воронки, рвы, лога) в карбонатных породах локально развиты в бассейнах Чуни, Тычаны, Тайги, Камо (притоки Подкаменной Тунгуски). Воронки чаще наблюдаются по сухим долинам. Бокситоносный карст верхнего мезозоя – кайнозоя хорошо изучен на площади Чадобецкого поднятия. В структуре поднятия размером 50 \* 40 км выделяются два карбонатных кольца: внешнее, представленное доломитами и известняками нижнего кембрия, и внутреннее – известняки и доломиты с пачками сланцев верхнего рифея. Во внешнем кольце фиксируются поля воронок, на отдельных площадях сохранился бокситоносный карст, формировавшийся с конца нижнего мела до олигоцена включительно. Бокситами выполнены полье- и воронкообразные депрессии разных размеров. Глубина их от 20–40 до 120–150 м. В отложениях встречены спорово-пыльцевые комплексы верхов нижнего – низов верхнего мела, палеоцена и олигоцена (Лейпциг, Левина, Ясаманов, 1976, с. 128). В Чадобецком поднятии выявлены 2 месторождения и ряд проявлений карстовых бокситов (Цыкин, 1978). Пуньское месторождение состоит из цепочки депрессий глубиной до 80–100 м, выполненных меловыми бокситоносными отложениями (рис. 5). Бокситы залегают на разных глубинах, имеют линзообразную форму залежей мощностью от 2–5 до 50–60 м при размерах от 120 \* 80 м до 600 \* 400 м. Всего выявлено 36 таких залежей.

Ибджибдекское месторождение по сравнению с Пуньским более сохранилось от размыва и представляет собой польеобразную депрессию глубиной до 150 м со сложной морфологией днища. В ней локализовано 40 залежей бокситов.

Нефтегазоносные карстовые коллекторы обнаружены в бассейнах рек Куюмбы и Юрубчена, где скважины под палеозойским осадочным чехлом вскрыты доломиты верхнего рифея (рис. 6). Это светло-серые, буровато-серые плотные породы мелкозернистой структуры. Их коллекторские свойства объясняются трещиноватостью и кавернозностью. Каверы хорошо заметны в керне и шлифах, они уплощенные, сечением до 8 \* 3 мм, связаны с поверхностями напластования и трещин. Рядом скважин из доломитов с глубин 2000–2300 м получены притоки нефти. Таким образом, есть основания говорить о проявлении здесь предкембрийского карста.

Рис. 5. Карта и разрез Пуньского месторождения боксита (по данным Ангарской геологоразведочной экспедиции):

1 – современный аллювий; 2 – пески и суглинки олигоцена – миоцена; 3 – пестрые глины и суглинки с обломками выветрелых траппов; 4 – тела бокситов, выходящие под четвертичные отложения; 5 – то же, под отложениями олигоцена – миоцена; 6 – траппы нижнего триаса; 7 – доломиты нижнего кембрия с воронками неокарста.

(Цыкин, 1990)

Рис. 6. Геологический разрез нижней части осадочного чехла – верхней части промежуточного комплекса по линии Тахомо – Куюмбэ (по данным производственного технологического объединения «Енисей нефтегазгеология»):

1 – траппы; 2 – доломиты с ангидритом и каменной солью; 3 – каменная соль; 4 – доломиты мергелистые; 5 – алевролиты; 6 – песчаники и гравелиты; 7 – доломиты; 8 – окремненные доломиты; 9 – штоки гранитов; 10 – разрывные нарушения; 11 – места притока углеводородов из трещинно-порово-каверных доломитов.

(Цыкин, 1990)

На выходах линз, слоев и жил гипса наблюдались воронки гипсового неокарста (окрестности пос. Ванавара). Интересен Авамский карстовый участок, расположенный в бассейне среднего течения р. Авам, правого притока р. Курейка. Здесь в туфогенной толще триаса поисковыми скважинами подсечены мощные (более 500 м) тела гидротермальных метасоматитов. Порода сложена пиритом, эпидотом и гипсом, который преобладает. С этими породами связаны 2 поля воронок провального происхождения площадью 1,5 и 2 кв. км, расположенные в 1–2 км от реки по обоим берегам. На большой части площади области расположена соленосная формация нижнего кембрия. В отдельных блоках она находится неглубоко от поверхности. В частности, на Сользаводском участке в среднем течении Подкаменной Тунгуски выходят аналоги ангарской свиты нижнего кембрия, из которых каменная соль вынесена. Здесь известен источник соленых вод, а скважины с глубин 20–135 м фонтанировали рассолами с дебитом до 0,02 куб. м. Эти факты свидетельствуют об интенсивном обессоливании коренных отложений в тектонической зоне. Соленые источники известны и в южной части Чадобецкого поднятия, их минерализация 14 кг/куб. м, дебиты до 0,01 куб. м/с.

К проявлениям гидротермокарста отнесены некоторые структурные формы Тычанского месторождения свинца. Оруденение здесь представлено вкрапленностью, прожилками и гнездами галенита в доломитах ордовика. Оруденение связано с трещинами, порами, кавернами и небольшими полостями (Цыкин, 1990).

**Карстовая область Анабарской антеклизы** заходит на территорию Красноярского края северо-западным крылом. Она охватывает обширную территорию, которая протянулась почти на 1000 км в меридиональном направлении при от 800 км в северной части до 100 км – в южной. Карбонатные отложения здесь распространены очень широко. Они относятся к рифею, кембрию, нижнему ордовику в южной части, нижнему силуру – на западе. По фациальным особенностям разрезов и географическому положению карстующихся отложений здесь выделяются 3 карстовых района: Мархинский, Оленекский и Маймеча-Котуйский. В пределы Красноярского края входит только последний.

Общая площадь выходов карбонатных отложений, которые местами загипсованы, составляет 302 тыс. кв. км, или 55,4% площади.

Здесь неокарст проявляется слабее, чем в более южных частях Сибирской платформы. Это следствие неблагоприятных климатических условий и интенсивного развития многолетней мерзлоты. Он локализован в зонах разгрузки подземных вод, в речных долинах и на междуречьях. Характерные формы рельефа – воронки, которые часто заняты озерами, суходолы, рвы, останцы в бортах речных долин. Ю.П. Пармузин (1961) описал проявления карста в бассейне Котуя, где обнаружены исчезающие реки, воронки. На отдельных площадях здесь наблюдается деградация мерзлоты и остепнение ландшафта.

Карстово-гидрологические системы выражены здесь разнодебитными источниками. На участках буровых работ во вмещающих карбонатных отложениях вскрылись подмерзлотные напорные воды. Поисковые работы выявили в этой области подрусловый неокарст в долинах некоторых рек (Цыкин, 1990).

Палеогеновый бокситоносный карст обнаружен в Маймеча-Котуйском районе, где выявлены воронкообразные депрессии, заполненные бокситами, а также слепые залежи, образование которых связывают с бокситизацией доломитов (Чеха, 1982).

В **карстовой области Енисейско-Хатангского краевого прогиба** развиты мезозойские и кайнозойские некарстующиеся отложения. Палеозой залегает на больших глубинах и обнажается только в краевых частях, где проявлена соляная тектоника. Например, в районе бухты Нордвик вскрыта соленосная формация девона и установлен соляной карст в виде небольших просадочных озер (Цыкин, 1990).

**Карстовая область Ангаро-Тасеевской синеклизы** четко ограничена на западе и севере и не имеет четкой границы в области Иркутского амфитеатра. Это сужающаяся к юго-востоку территория протяженностью около 600 км и шириной от 400 до 100 км. Карстующиеся породы в составе плитного комплекса представлены известняками и доломитами нижнего кембрия, выходящими узкой полосой в северо-западном борту синеклизы, сульфатно-карбонатной толщей нижнего кембрия, обнажающейся в отдельных валах и куполах, слоями доломитов в терргигенно-карбонатных отложениях нижнего ордовика, известняками и доломитами верхнего девона – нижнего карбона. На большей части площади карстующиеся отложения перекрыты терригенными угленосными формациями верхнего палеозоя и юры, местами – четвертичными отложениями значительной мощности.

В пределах обнаженной части Присаянского краевого прогиба распространены докембрийские отложения промежуточного комплекса, смятые в брахискладки северо-западного направления. Слои почти мономинеральных и песчанистых доломитов небольшой мощности (до 10 м) фиксируются в разрезах карагасской и оселочной свит рифея.

Карст южной части области описан Г.П. Вологодским (Вологодский, 1974), который применил иную схему районирования: только на части рассматриваемой территории он выделил 3 карстовые области (Ангаро-Катангского поднятия, Присаяно-Канского прогиба и Ийско-Туманшетских брахискладок). Здесь эти области рассматриваются как карстовые районы и называются по-другому, так как их границы несколько расширены. В рассматриваемой области выделены районы Канско-Тасеевской впадины, Присаянского прогиба, Чуно-Ковинской зоны и Рыбинской впадины. Из-за широкого распространения в области континентальных отложений юрской системы площади выходов карстующихся пород сравнительно небольшие – всего около 4,2 тыс. кв. км (в том числе 0,5 тыс. кв. км сульфатно-карбонатных пород), что составляет 2,2% территории.

Карбонатный карст представлен разными типами, связанными с несколькими фазами карстификации. Формы неокарста развиты на выходах доломитов и известняков среднего палеозоя. На участках, где мощности четвертичных отложений сравнительно невелики, фиксируются поля воронок, суходолы, рвы, колодцы, ниши и гроты. О наличии водоносных карстовых коллекторов свидетельствуют источники с дебитами до 0,025 куб. м/с и как исключение (р. Талинга, приток Бирюсы) – до 0,15 куб. м/с. В Рыбинском районе и прилегающей части Канско-Тасеевского района на погружении чаргинской свиты девона под отложениями юры образовался артезианский бассейн карстовых вод. Они вскрываются скважинами на глубине до 400 м и характеризуются напорами с дебитами при самоизливе до 0,006 куб. м/с. Пещеры распространены незначительно. Их формирование связано с современной и плиоцен-плейстоценовой фазами карстификации. К трещинам бокового отпора приурочены многочисленные щелевые и колодезные полости.

Реликты палеокарста предположительно принадлежат мезозойско-каинозойской фазе карстификации. Они представлены воронкообразными формами, заполненными темно-коричневой фосфатной глиной. Предкарбоновый погребенный карст фиксируется в краевых частях Канско-Тасеевского района. Выше зоны трещиноватых выщелоченных известняков нижнего кембрия (Кукуйский участок) и верхнего девона (окрестности г. Канска) залегают глины типа флинтклей и глинисто-кремнистые породы мощностью от 2–3 до 15 м, залегающие в отдельных воронкообразных формах (Поверхности выравнивания и коры выветривания на территории СССР, 1974, с. 441), которые перекрыты отложениями нижнего кембрия.

В западной и северной частях Канско-Тасеевского района проявлена солянокупольная и приразломная тектоника и на уровень эрозионного среза выведены сульфатно-карбонатные породы нижнего кембрия. Поисково-разведочные работы показали интенсивную закарстованность гипсоносной толщи, из-за чего месторождений гипсового камня, пригодных для открытой разработки, не было обнаружено. В этом районе фиксируются разные типы гипсового неокарста. На выходах почти горизонтально залегающих пластов гипса значительной мощности встречен задернованный тип карста, представленный полями воронок плотностью до 70 на 1 кв. км, суходолами, понорами (рис. 7). В толще переслаивания гипса, доломита, алевролита развит кольматированный карст. Формы его (ячеисто расположенные в плане), очевидно, образовались по линиям пересечения вертикальных трещин. Коэффициент закарстованности в приповерхностной части разреза составляет 60–100% и снижается вглубь до 20–30% (Рыжсковская площадь).

Местами развивается скрытый тип карста. Он возникает при далеко зашедшем растворении пластов гипса, вследствие чего в разрезе остаются спрессованные пласты известкового доломита и алевролита, раздробленные в различной степени. Глубина полного растворения пластов гипса 60–120 м, что на 20–80 м превосходит глубину залегания подземных вод. Видимо, этот процесс интенсивно идет в зоне насыщения.

Рис. 7. Геологический план и разрез Рыжсковской площади (по данным Ивановской геологоразведочной экспедиции Красноярского геологического управления):

1 – чередование гипсов, алевролитов, песчаников и доломитов (рыжсковская и мурминская пачки ангарской свиты нерасчлененные); 2 – брекчированные известковые доломиты с прослоями гипсов (тынысская пачка); 3 – чередование алевролитов и песчаников, прослои гипсов (троицкая пачка); 4 – красноцветные алевролиты эвенкийской свиты; 5 – брекчии известковых доломитов и известняков; 6 – десульфатизированная толща; 7 – пласты гипсов (сверху порядковый номер); 8 – линза песчано-глинистых отложений с обломками; 9 – воронки; 10 – делювиально-элювиальные отложения.

(Цыкин, 1990)

О современной карстификации каменной соли в низах зоны гипергенеза свидетельствуют источники соленых вод и данные нефтепоискового бурения. Так, в Тубинской опорной скважине брекчирование и дезинтеграция слоев доломита, разделяющих пласты соли, проявлены на глубине 2785–2822 м. Здесь есть интервалы катастрофического поглощения промывочной жидкости, отмечены каверны в каменной соли (Вологодский, 1975; Цыкин, 1990).

Карстовая область Восточного Саяна охватывает обширную горную систему, представленную высокими, средними и низкими хребтами, обрамленными полосой предгорий. Здесь хорошо проявлены реликты поверхности выравнивания позднего мела-палеогена. В низкогорной и предгорной частях территории выработан придолинный педимент неогена. В высокогорье развита ледниковая морфоскульптура, имеются вулканические плато.

Карбонатные породы распространены относительно широко. В комплексе догеосинклинального основания встречаются пачки и линзы кальцитовых и доломитовых мраморов архея, а в протоплатформенных отложениях нижнего – среднего протерозоя есть толщи кристаллических доломитов и известняков. В отложениях байкальского геосинклинального комплекса (рифей) имеются слоистые и массивные известняки. Относительно много карбонатных отложений в разрезе протоорогенных прогибов байкалид. В западной части области в геосинклинальном комплексе салаирид обнажены карбонатные отложения нижнего и среднего кембрия. В целом при общей площади карстовой области 122,6 тыс. кв. км карбонатные породы распространены на площади 14 тыс. кв. км (11,4 проц.).

Область в пределах Красноярского края подразделяется на 7 карстовых районов: Приенисейскую складчато-блоковую зону, Манский прогиб, Дербинский антиклинорий, Сисимский и Казыр-Кизирский синклинории, Канский, Бирюсинский выступы фундамента. Кроме того, к данной области отнесен карстовый участок Солгонского кряжа, где на небольшой площади обнажены известняки и доломиты кембрия, включающие воронки, суходолы и две небольшие пещеры (Беляк, 1969).

Неокарст обнаружен на многих площадях, сосредоточен преимущественно в низкогорной части области. Отдельные его формы – воронки, останцы, гроты, карры – фиксируются и в высокогорье, где они наложены на ледниковую морфоскульптуру. Неокарст локализован в массивных известняках, а в ряде районов – в кальцитовых мраморах. В Манском прогибе крупнейшие в Сибири пещеры образованы в глыбово-галечниковых конгломератах (Цыкин, Цыкина, 1977). Карстовая морфоскульптура наложена на разные формы эрозионного и денудационного рельефа. Повышенная плотность воронок отмечается на междуречьях, а пещер, останцов, арок и других форм обычно особенно много в бортах долин. Под реками иногда фиксируются подрусловые депрессии, заполненные аллювием. Плотность воронок для районов составляет 0,13–0,28 на 1 кв. км, а в пределах карстовых участков доходит до 85. Полигоны голого карста локализованы в бортах долин (левый борт долины р. Енисея выше Красноярска, его притоки Бирюса и Базаиха, долины рек Балахтисон, Сисим).

В области относительно развиты пещеры. Исследовано 95 спелеоформ общей длиной 45000 м, в том числе 8 объектов длиной более 1 км и 5 глубиной более 100 м. По морфологии пещеры разнообразны. Преобладают малые галерейные, галерейно-гротовые, колодезно-гротовые полости. Входы в них находятся на склонах речных долин и реже на междуречьях, где развиты также формы внешнего карста. Некоторые крупные пещеры (Кубинская, Ледопадная) пересекают зону аэрации и заканчиваются озерами, которые связаны с подводными карстовыми объемами (емкостями) зоны насыщения. Плотность пещер 6,6, густота – около 3200 м.

Кубинская пещера долгое время оставалась самой глубокой (274 м) в Сибири. Она расположена в левом борту долины Бирюсинского залива Красноярского водохранилища, в 2,5 км западнее устья залива на одном из самых интересных карстово-спелеологических участков юга Сибири. Входной колодец открывается в средней части скального останца. Сначала пещера пересекает массивные известняки нижнего кембрия, затем проходит по зоне тектонической брекчии (рис. 8). Нижние ее горизонты выработаны в тех же известняках.

Рис. 8. План и разрез пещеры Кубинская (по данным Красноярского спелеоклуба):

1 – колодцы; 2 – уступы, отвесы; 3 – озера постоянные; 4 – озера периодические; 5 – периодические водотоки; 6 – сталактиты; 7 – сталагмиты; 8 – натечная кора; 9 – натечный покров; 10 – гуры; 11 – глыбы и глина; 12 – крупные глыбы; 13 – уклоны дна; 14 – прослеженная зона брекчирования известняка.

(Цыкин, 1990)

Пещера представляет собой каскадную систему. Группа из трех колодцев выводит в среднюю почти горизонтальную часть, состоящую из ряда крупных гротов (Фиделя, Грандиозный, Летучих Мышей и др.), соединенных галереями. Здесь есть много ответвлений, гроты и галереи красиво орнаментированы натечными формами. В восточной части расположены небольшие подвешенные озера. Под ними находится каскад колодцев, приводящих к наклонному руслу периодического ручья, имеющему небольшие притоки. Далее следует очередной каскад, который подтоплен при образовании водохранилища. Общая протяженность ходов составляет более 3000 м.

Специфичным видом карстующихся пород являются среднепалеозойские конгломераты карстового района Манского прогиба, в которых заключены крупные (Большая Орешная, Баджейская) и ряд значительных пещер. Конгломераты с большим содержанием известняковых и доломитовых галек, валунов и с гравелитовым кварц-кальцит-доломитовым заполнителем развиты на площади 132 кв. км, но пещеры локализованы на участке площадью всего 36 кв. км, за счет чего получаются очень высокие значения их плотности и густоты (рис. 9).

Рис. 9. Карстологическая схема и разрез Баджейского участка Манского прогиба: 1 – доломиты крольской свиты нижнего кембрия; 2 – мергели, алевролиты и глинистые доломиты той же свиты; 3 – конгломераты нарвской свиты ордовика; 4 – песчаники и гравелиты баджейской свиты ордовика; 5 – граниты; 6 – современный аллювий; 7 – геологические границы: тектонические (а) и несогласного залегания (б); 8 – пещеры крупные, значительные и малые; 9 – контуры пещер в разрезе; 10 – уровень карстовых вод; 11 – вершинные ребра рельефа на конгломератах; 12 – низинные ребра.

(Цыкин, 1990)

Пещера Большая Орешная является крупнейшей по протяженности и объему в азиатской части России, причем длина ее ходов постоянно наращивается, поэтому приводимые морфометрические данные не являются окончательными. Пещера расположена в левом борту долины р. Таежного Баджея, в 3 км восточнее пос. Орешное. Она выработана в красновато-буровато-коричневых конгломератах нарвской свиты ордовика, имеющих мощность 1200 м и выдержанное моноклинальное залегание. По строению пещера лабиринтная. Преобладают наклонные и горизонтальные галерейные ходы на разных уровнях (рис. 10). Выраженных этажей, отмечающих устойчивые уровни стояния подземных вод, нет. Гроты преимущественно обвальные.

Ввиду высокого содержания в конгломерате песчано-алеврито-глинистых частиц при карстификации образуется большое количество обломочного материала, который накапливается на полу. В нем местами вкраплены глыбы и гальки, высвобожденные из цемента коренной породы. Натечные образования очагово распространены в отдельных зонах. Встречаются небольшие подвешенные озера и конечный сифон, за которым обнаружена подводная часть пещеры протяженностью более 100 м и глубиной до 35 м. Закартографированная протяженность пещеры более 21000 м, глубина до конечного сифона 155 м, а с учетом подводной части – 190 м, объем свыше 250000 куб. м.

Рис. 10. План и разрез пещеры Большая Орешная (по материалам Красноярского спелеоклуба):

1 – скальные перемычки; 2 – обрывы, отвесы; 3 – наклонные стенки; 4 – разломы; 5 – озера, сифоны; 6 – истоки ручьев; 7 – зоны аккумуляции пещерного кальцита; 8 – скопления лунного молока.

(Цыкин, 1990)

Близкие по составу конгломераты известны во многих складчатых областях, но развития карста в них не отмечается. Конгломератовые пещеры есть также в Центрально-Мегрельском районе Западного Кавказа, Горном Крыму, в Южных Альпах на территории Италии. Здесь в конгломератах плиоцена развиты разнообразные внешние карстовые формы и галерейные полости. Крупные полости известны в силикатных отложениях протерозоя, в том числе и в конгломератах Венесуэлы и Бразилии.

Причиной редкой, очаговой карстификации нарвских конгломератов остаются во многом непознанными. Ведущую роль играют пористость и трещиноватость породы, геоморфологическое положение участка, благоприятное для инфильтрации и движения подземных вод. Карст в конгломератах Манского прогиба является дочетвертичным гипергенным, связанным предположительно с олигоцен-миоценовой зоной насыщения карстового водоносного горизонта и последующим морфогенезом в зоне аэрации в плиоцене и четвертичном периоде.

Многие реки поглощаются понорами или постепенно теряют сток. Гидрогеологические скважины вскрывали карстовые воды в междуречьях на глубинах 40–150 м и в долинах на глубинах 2–40 м. Удельные дебиты скважин на междуречьях обычно невелики, а в долинах достигают больших значений. На материалах спелеологических исследований показано, что сильно закарстованные площади сдренированы до глубины 220–270 м. Имеющиеся данные свидетельствуют о резко неравномерной водопроницаемости карстующихся пород, возрастающей под долинами рек и логами.

В области фрагментарно развиты подрусловые карстовые депрессии. Формы четвертичного возраста, заполненные аллювием верхнего плейстоцена – голоцена, выявлены под долинами рек Сисима в верхнем течении. Неогеновые депрессии известны в карстовых районах Сисимского и Кизир-Казырского синклинориев, где с ними связаны глинистые пигменты, содержащие гнезда боксита, и ложковые россыпи золота. Предположительно неогеновый возраст имеют воронкообразные депрессии, выявленные при изучении карбонатитовых массивов Дербинского антиклинория. Палеогеновые депрессии относительно развиты в западных предгорьях. Они содержат залежи боксита и фосфоритов (Цыкин, 1990). На Сейбинском месторождении фосфоритов во вмещающих рыхлых отложениях обнаружена пыльца растительности средней юры. Это пока единственный в Алтае-Саянской карстовой провинции объект, включающий палеокарст юры (Бабак, Смирнова, 1978).

Досреднедевонский карст отмечен в Приенисейской складчато-блоковой зоне (Торгашинский участок). Здесь отложения девона ложатся на неровную поверхность известняков кембрия. В западинах последних имеются гнезда брекчий с прочным красно-коричневым мергелистым цементом. Известняки секутся жилообразными телами (кластическими дайками) известковых красновато-бурых, бурых песчаников. Эти породы связаны с кольматацией трещин и полостей. В восточной части области известен бокситоносный карст нижнего кембрия (Боксонское месторождение). Линзы аллитов, связанные с внутриформационными перерывами в карбонатных толщах нижнего кембрия, обнаружены также в Сисимском синклинории и Приенисейской складчато-блоковой зоне.

В целом в данной области, как и в других областях Алтае-Саянской карстовой провинции, выявлено несколько генераций палеокарста, которые нередко сочетаются с различными формами неокарста. В качестве примера сошлемся на Павловский участок (рис. 11). Он связан с полем распространения известняков и подчиненных им пачек сланцев, занимающим верхнюю часть бассейнов рек Сисим и Павловка в низкогорной интенсивно расчлененной области. В западной части участка выявлены палеокарстовые депрессии, в отложениях которых разведаны залежи фосфоритов. По долинам второго – третьего порядка выявлены ложковые россыпи золота на неровном карбонатном плотике. Неокарст в этой части площади развит незначительно, представлен воронками и останцами в долинах рек.

В восточной части участка палеокарст неизвестен (размыт), а неокарст представлен воронками, понорами, безводными участками долин рек, пещерами. Здесь выявлена крупная пещера – источник Лысанская протяженностью 2500 м, амплитудой 66 м. Она двухэтажная. Нижний этаж – это русло подземной реки, прерываемое рядом сифонов. Вода поступает из системы подводных каналов, которые исследованы спелеологами-подводниками на расстояние около 200 м. Вода поглощается в средней части долины реки Павловки и проходит под землей несколько километров. Верхний этаж пещеры галерейно-гротового строения содержит аккумулятивные озера и представляет эстетическую ценность благодаря обильному развитию живописных натечных отложений (Цыкин, 1990).

Рис. 11. Карстологическая схема и разрезы Павловского участка района Сисимского синклинория (Цыкин, 1990):

1 – светлые массивные известняки; 2 – диабазы; 3 – карбонатные отложения, не расчлененные по составу; 4 – графитистые мраморы; 5 – темные слоистые известняки; 6 – кремнистые и кремнисто-глинистые сланцы; 7 – известняковые конгломераты; 8 – андезиты, андезитовые и диабазовые порфириты; 9 – некарстующиеся отложения; 10 – малые интрузии (габброиды и гранитоиды); 11 – рыхлые фосфатные отложения; 12 – покровные отложения; 13 – воронки междуречий (а), воронки-поноры логов (б); 14 – останцы; 15 – пещеры; 16 – источники; 17 – карстовые палеодепрессии с фосфоритами; 18 – подрусловые седиментационные коллекторы с россыпным золотом; 19 – восточная граница карстового района; 20 – уровень карстовых вод; 21 – контуры Лысанской пещеры.

Карстовая область Енисейского кряжа представляет собой низкогорное и предгорное сооружение с абсолютными отметками водоразделов от 250 до 500–1100 м. Из-за густого эрозионного расчленения территории орографически четко выраженные хребты почти отсутствуют. Обнаженность области слабая, так как сильно развиты Элювиально-делювиальные отложения. В северной предгорной части кряжа имеются отложения подпрудных бассейнов плейстоцена. Карстующиеся породы относительно широко распространены в разрезах байкальской миогеосинклинали и позднедокембрийских – нижнепалеозойских протоорогенных прогибов. Мраморы и мраморизованные известняки преобладают в составе пенченгинской свиты протерозоя. Известняки, доломиты, переходные разности слагают сосновскую свиту нижнего кембрия. Суммарная площадь выходов карбонатных пород составляет 6,4 тыс. кв. км, или 9,5 проц. территории Заангарской части кряжа. В этой части кряжа выделяются карстовые районы Вороговско-Тисского, Кордо-Лебяжинского, Большепитского и Ангаро-Питского синклинориев, Центрального антиклинория (Цыкин, 1990)

В Ангаро-Питском синклинории установлены 2 основные полосы развития контактово-карстовых депрессий и несколько второстепенных. Одна из них связана с кровельной частью доломитов, перекрытой сланцами. К этой полосе приурочены комплексные месторождения боксита, каолина и глинистых пигментов Киргитейской группы, имеющие позднемеловой – эоценовый возраст. Вторая полоса приурочена к контакту доломитов и сланцев. В южной части района она вмещает аналогичное Верхотуровское месторождение. Рядом расположенное Быковское месторождение магнезита сильно закарстовано (Цыкин, 1975).

В Вороговском прогибе система контактово-карстовых депрессий выработана в доломитах, перекрытых туфогенно-кремнисто-сланцевыми отложениями. В отложениях этих депрессий выявлены месторождения марганцевых руд Порожинской группы. На месторождении Моховое палеокарстовая депрессия охватывает всю ширину выходов доломитов и тыльной частью заходит на более древние песчанистые известняки. Рельеф дна депрессии очень неровный, с выступами и глубокими западинами (Цыкин, 1990).

Карстовая область Минусинского прогиба – это сочетание пластовых денудационных равнин, осложненных куэстами, мелкосопочника и аккумулятивных равнин. Абсолютные отметки междуречий составляют 500–600 м в южной и окраинных частях впадины и снижаются до 280–350 м в северной части. Котловины дренируются рекой Енисей и ее крупными притоками Абаканом, Тубой. Относительно распространены пресные и соленые озера, некоторым из которых приписывалось кластокарстовое происхождение. Геологические наблюдения показывают, что озера либо приурочены к ядрам мульд, либо занимают межкуэстовые понижения и с избирательным растворением пород не связаны.

Карстующиеся породы распространены незначительно, слагают пачки и слои в отложениях среднего девона. В известняках и мергелях заключены линзы и прослои гипса мощностью до 6 м.

Общая площадь области 77 тыс. кв. км, площадь выходов карбонатных отложений 1,25 тыс. кв. км, что составляет 1,6% территории. Карстовые районы отвечают отдельным прогибам сложного строения – Южно-Минусинскому, Сыда-Ербинскому, Чебаково-Балахтинскому, Назаровскому. Вследствие ограниченного распространения карстующихся пород и климатических условий степной зоны неокарст в области известен на отдельных небольших участках. Воронки расположены изолировано, цепью и реже небольшими группами. На известняках наблюдались также суходолы, потеря стока ручьев и рек.

Карстовые водоносные коллекторы установлены по данным гидрогеологических исследований, показавшим развитие в известняках напорных и безнапорных вод, которые до глубины 200–300 м являются пресными, реже солоноватыми. Карстовые воды разгружаются в долинах, дебиты источников обычно невелики. Суммарный родниковый сток в Южно-Минусинском районе определяется 0,14 куб. м/с.

Гипсоносные отложения девона интенсивно поражены карстом. Вблизи от земной поверхности гипс нередко полностью растворен, в связи с чем произошли дробление и просадки известняков и мергелей кровли. В залежах гипса встречается глинисто-гипсо-карбонатная брекчия. Карстовые явления отмечались на всех разведанных месторождениях гипса. Некоторые залежи пригодны лишь для подземной отработки (Цыкин, 1990).

3.3 Хозяйственное значение карста

Значение карста двойственное – положительное и отрицательное. Положительная роль выражается прежде всего в том, что карст обеспечивал фиксацию в геологической летописи континентальных отложений последовательных фаз карстификации, что создало предпосылки палеогеографических и палеотектонических реконструкций.

В палеокарстовых депрессиях размещаются месторождения различных рудных и нерудных полезных ископаемых, из которых ведущая роль на ранних этапах освоения недр Сибири принадлежала золоту. В связи с отработкой большей части россыпей основное значение приобрели месторождения огнеупорного сырья. Также осваивается ряд месторождений фосфоритов и углеводородов, бокситов и глинистых пигментов. Эксплуатируются месторождения карстовых вод, в связи с усиливающимся загрязнением поверхностных водотоков и ростом водопотребления количество водозаборов, каптирующих водоносные коллекторы, будет увеличиваться. С учетом распространенности карбонатных пород можно полагать, что ресурсы карстовых вод составят для отдельных районов от нескольких процентов до 60–70 проц. от общих извлекаемых ресурсов подземных вод (Цыкин, 1990)

Как положительный фактор с позиций физической географии и краеведения можно оценить специфику карстовых ландшафтов, расширяющих разнообразие природных условий территории и используемых для туризма. Так, из Красноярска выполняется однодневный маршрут на теплоходах по водохранилищу ГЭС, наиболее зрелищной частью которого является Бирюсинский залив, по берегам залива представлен карстовый рельеф (Цыкин, Цыкина, 1978).

В южной части края на закарстованных площадях обычно отсутствуют многолетняя мерзлота и болота, в связи с чем улучшаются условия развития леса и землепользования (при невысокой плотности карстовых воронок). Ценными объектами для туризма, краеведения, медицины и для ряда научных дисциплин является ряд крупных пещер. Известно о благоприятном влиянии подземной атмосферы на больных бронхиальной астмой. Аллергологические лечебницы могут быть созданы в некоторых крупных пещерах Восточного Саяна. Особые природные условия пещер позволяют использовать их как естественные биотропы для медико-биологических исследований (Цыкин, 1990).

Пещеры имеют большое значение для познания палеолита и неолита. В нескольких пещерах выявлены культурные слои позднего палеолита. Богатая коллекция изделий из кости и бронзы собрана в Айдашинской пещере около г. Ачинска. Исследования показали, что она была культовым местом начиная с неолита и до средних веков (Молодин, Бобров, Равнушкин, 1980). Изучение пещерных грунтов позволило уточнить списки млекопитающих, обитавших на карстово-спелеологических участках в позднем плейстоцене – раннем голоцене. Среди костных останков млекопитающих встречаются и вымершие виды фауны. Изучение фаунистических остатков входов пещер дает информацию об изменении ландшафтно-климатических условий местности (Цыкин, 1990).

Отрицательная роль пещер обусловлена провалами и просадками земной поверхности на территории городов, поселков и трассах железных и шоссейных дорог, а также угрозами обвалов, оползней и наледей. Вероятность провалов тем больше, чем выше плотность воронок, многие из которых отражают развитие близповерхностных пещеристых полостей.

В зоне Красноярского водохранилища на Бирюсинском участке, где планировалось строительство крупной базы отдыха, появились провалы, один из которых имел глубину около 50 м.

Понижение уровня карстовых вод в пределах депрессионных воронок водозаборов, строительство карьеров и котлованов, являющихся водосборниками метеорных вод, утечка воды и промстоков из трубопроводов, повреждение почвенного слоя, регулирующего скорость инфильтрации воды, – эти и другие последствия хозяйственной деятельности ведут к техногенной активизации карста, негативно воздействующей на инженерные сооружения. Большие осложнения вызывает карст при добыче карбонатного сырья (известняка, доломита, магнезита) и гипсового камня. Все месторождения карбонатного сырья в предгорных и низкогорных районах, в наиболее благоприятных для освоения месторождений условиях, поражены карстом. Пласты гипса на большей части площади приповерхностного распространения сульфатно-терригенно-карбонатной формации в карстовой области Ангаро-Тасеевской синеклизы сильно разрушены (Цыкин, 1990).

Наибольшие осложнения при эксплуатации месторождений известняка и доломита вызывают кольматационные отложения, которые при детальной разведке почти нигде не фиксировались ввиду маломощности тел песчано-глинистых образований, их сложного распределения в карбонатной толще и избирательного разрушения этого материала при бурении. После строительства карьеров оказалось, что линейный коэффициент закарстованности составляет 10–15 проц. Показательно в этом отношении Мазульское месторождение флюсового известняка хр. Арга (Цыкин, 1990).

В отложениях палео- и неокарста обнаружены залежи различных полезных ископаемых. Рудное сырье представлено марганцевыми, железными и железомарганцевыми минеральными ассоциациями, россыпным золотом и бокситами. Группа нерудного сырья включает фосфориты, россыпи алмаза, глинистые пигменты, глины, мраморный оникс. Полезные флюиды – это пресные и минеральные воды, скопления нефти и газа.

Употребляемый далее термин «карстовые месторождения» несет морфологический смысл, подчеркивая условия локализации залежей этого минерального сырья. Его не следует трактовать в генетическом смысле, т. к. полезные ископаемые карстовых депрессий полигенетичны (Цыкин, 1985).

Руды железа и марганца относительно широко распространены в отложениях карстовых депрессий. Значительное число непромышленных месторождений и рудопроявлений марганцевых и железо-марганцерых руд отнесено к разряду остаточно-инфильтрационных образований. Это месторождения Порожинского рудного района Енисейского кряжа. Для них свойственны локализованный первоисточник рудного вещества и значительное обогащение им вторичных концентраций, образованных на окислительном, щелочно-окислительном геохимических барьерах. В Порожинском марганцеворудном районе Енисейского кряжа выявлена система контактово-карстовых палеодепрессий преимущественно на доломитах подъемской свиты позднего рифея, в которых локализованы линзы окисных и карбонатных марганцевых руд.

Отложения карста имеют многокомпонентный состав, что обусловлено как составом пород, так и резко неравномерной интенсивностью неоэлювиального выветривания обломочного материала. Рудные залежи тяготеют к более глинистым частям разреза. Они преимущественно кусково-землистые. В керне нередко хорошо заметно, что буровато-черные марганцевые окислы пропитали и заместили дисперсные нерудные минералы, покрыли с поверхности обломки туффосилицитов. Каменистые рудные отложения имеют желовковую, гроздевидную, линзовидную формы (Цыкин, 1990).

В целом бурые железняки, железомарганцевые и чисто марганцевые руды в контактных корах выветривания и отложениях покрытого, отчасти кольматированного типов карста встречаются часто, образуя обширные рудные районы (Присаянье, хр. Арга, Ворговский прогиб). Опыт их изучения свидетельствует о непромышленных масштабах оруденения, образованного за счет малоконцентрированных коренных источников. Руды отлагаются подземными водами на геохимических барьерах и образуют большое число залежей. Масштабы остаточно-инфильтрационных руд могут быть промышленными. Но сырье низкокачественное из-за значительных содержаний железа, фосфора. Использование этого сырья возможно при разработке экономичных схем его обогащения (прежде всего, перспективны биотехнологические методы извлечения марганца) (Цыкин, 1990).

Россыпи золота и тяжелых металлов на закарстованных карбонатных породах известны во многих карстовых областях Красноярского края. По генезису они подразделяются на аллювиальные, пролювиально-делювиальные и элювиальные. Аллювиальный класс россыпей является самым распространенным. По геоморфологическим условиям размещения среди них различаются русловые суходольные (в распадках), террасовые, увальные и нагорные. В зависимости от мощностей торфов аллювиальные россыпи подразделяются на открытые, полупогребенные и погребенные (Казакевич, 1972, с. 216).

Бокситы в отложениях покрытого типа карста известны и в горных, и в платформенных карстовых областях. Как и в других регионах, здесь установлены 2 основные группы месторождений – геосинклинальная и платформенная. К первой группе относятся пласты и линзы диаспоровых и бемитовых корундсодержащих бокситов. Эти тела приурочены к поверхности континентальных перерывов в карбонатных толщах позднего докембрия, нижнего и среднего палеозоя и связаны с геосинклинальным карстовым циклом. Платформенная группа имеет многочисленные месторождения и проявления во многих карстовых областях. Они связаны с позднеэмерсионным карстовым циклом Сибирской платформы и дейтероорогенным – ее складчатого обрамления (Цыкин, 1990).

Свинцово-цинковые руды, слагающие гидротермально-метасоматические залежи в известняках и доломитах, а также вдоль контактов карбонатных пород со сланцами, имеют признаки связи с гидротермокарстом. По отношению к оруденению гидротермокарст подразделяется на дорудный, со- и пострудный. Его элементы описаны на многих месторождениях свинца и цинка горных и платформенных карстовых областей края (Цыкин, 1985).

Фосфориты в отложениях карста локализованы в области Восточного Саяна, хотя небольшие скопления их фиксируются значительно шире. В Восточном Саяне разведаны 17 месторождений и проявлений фосфоритов. Сейбинское месторождение состоит из четырех участков. Основным является Большеджебартинский участок, представленный контактовой залежью фосфоритов, имеющей длину 2500 м, ширину 30–70 м и глубину до 200 м. На участках Владимирском и Караульная Горка развиты небольшие удлиненные депрессии глубиной до 250 м. В кремнисто-известняковой толще, по которой сформировался покрытый карст, выявлены линзы и пропластки карбонатных и почти мономинеральных фосфоритов. Из-за малой мощности и невыдержанности они не представляют практического интереса (Цыкин, 1990).

4. Применение материала дипломной работы в школе

Тему данной работы можно раскрыть в рамках программы по географии в 8 классе «Природа России» в теме «Рельеф России». Здесь можно дать понятие карстового процесса, охарактеризовать формы карстового рельефа и факторы карстообразования.

План-конспект урока

«Понятие карста»

Цели:

1. Сформировать у учащихся общее представление о карстовом процессе, дать описание основных поверхностных и подземных карстовых форм рельефа.

2. Развитие слухового внимания, аналитических способностей мышления, памяти, пространственной ориентировки, зрительного внимания и мелкой моторики.

3. Воспитать бережное отношение к природе.

Оборудование: атласы.

Тип и вид урока: урок-лекция, изучение нового материала.

Ход урока

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Содержание | tмин | Методические указания |
| I. Организационный момент.II. Изучение нового материала.Карстовые явления распространены чрезвычайно широко. По геологическим условиям примерно 1/3 суши имеет потенциальную возможность для их развития. Карст существенно влияет на природные особенности территории: рельеф, воды, почвенно-растительный покров. В карстовых областях находятся украшенные природой подземные дворцы-пещеры, которые посещают не только ученые и спелеологи, но и многочисленные туристы.Определение. Карст – процесс выщелачивания (растворения) горных пород и выноса растворенного вещества, а также формы рельефа, образованные в результате этого процесса. Карстовый процесс развивается в растворимых природными водами карбонатными породами (известняки, доломиты, гипсы, соль и другие).Условия развития карста:1. Наличие растворимой в природных водах горной породы.2. Наличие растворителя, т.е. воды, агрессивной к породе.3. Наличие условий, обеспечивающих водообмен (отток воды, насыщенной растворенным веществом, и приток свежего растворителя).Формы рельефа, образующиеся в результате карстового процесса делятся на подземные и поверхностные.К поверхностным карстовым формам относятся карры, желоба и рвы, воронки, блюдца и западины, котловины, полья, останцы.Кары по строению бывают желобковые, стенные, лунковые, трубчатые, в виде следов, меандровые, трещинные. Перенесите рис. 1 себе в тетрадь (рисунок изображен на доске). Желоба и рвы более глубокие с крутыми бортами. Длина их десятки и сотни метров, иногда километры, имеют различную ширину и глубину, на концах замкнуты, на дне имеют многочисленные углубления.Воронки делятся на следующие типы:1. Поверхностного выщелачивания (коррозионные) образуются за счет выноса выщелоченной на поверхности породы через подземные каналы в растворенном виде.2. Провальные (гравитационные) образуются из-за обвала свода подземной полости, которая возникла за счет выщелачивания карстующихся пород на глубине и выноса вещества в растворенном состоянии.3. Посасывания (коррозионно-суффозионные) образуются путем вмывания и проседания рыхлых покровных отложений в колодцы и другие полости и выноса через подземные каналы.Блюдца и западины – нечетко выраженные мелкие воронки.Котловины образуются при слиянии воронок всех типов. Выделяются 2 типа котловин – сложные, которые образуются при слиянии нескольких воронок, с углублениями на дне, и плоскодонные котловины.Останцы характерны для зрелых стадий развития карста. Они высокие и крутосклонные, в виде столбов, конусов, плосковерхих башен и более мелких конусов и куполовидных форм.Переходными от поверхностных к подземным формам являются навесы и ниши, мосты и арки, которые возникают при обрушении потолка пещер.Колодцы и шахты, пропасти и пещеры – подземные формы карстового рельефа. Колодцы и шахты – это вертикальные или крутонаклонные пропасти, различающиеся по глубине.Большинство карстовых пещер образуется при ведущей роли выщелачивания. Каждая пещера своеобразна. Выделяются 4 типа, отражающие различия строения и развития.А. Простые колодцы, начинающиеся со дна воронок и развивающиеся по трещинам.Б. Колодцы и шахты, заканчивающиеся гротами и галереями.В. Каскадные шахты и этажные пещеры – пример длительного развития пещер в горных странах. К этой группе относятся наиболее сложные по проходимости полости с очень красивыми пейзажами – большими гротами, озерами, огромным разнообразием натечных образований.Г. Горизонтальные и пологонаклонные пещеры, среди которых есть и простые галереи, и сложные лабиринты. Эти пещеры образовались на путях почти горизонтального движения подземных вод.III. Закрепление полученных знаний.1. Что такое карст?2. В каких породах происходит развитие карстового процесса?3. Какие условия необходимы для развития карста?4. Какие существуют формы карстового рельефа? (перечислить)5. Рассказать о каррах, воронках, пещерах и других формах.IV. Домашнее задание.Материал лекции. | 33052 | Рассказ учителяОпределение в тетрадьВ тетрадьУчащиеся конспектируют основные моментыФронтальный устный опрос |

Раздел дипломной работы 3.2. Характеристика основных карстовых областей в пределах Красноярского края в рамках регионального компонента Базисного Учебного Плана при изучении в 9 классе физической географии Красноярского края в теме «Рельеф Красноярского края».

План-конспект урока

«Карстовые области Красноярского края»

Цели:

1. Познакомить учащихся с основными карстовыми областями на территории Красноярского края.

2. Развитие навыков работы в группе, выборочного конспектирования, аналитического мышления.

3. Воспитание любви и бережного отношения к природе.

Оборудование: карты Красноярского края, раздаточный материал – карточки с описанием карстовых областей Красноярского края.

Тип и вид урока: практическая работа, развитие умений и навыков.

Ход урока

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Содержание | tмин | Методические указания |
| I. Организационный момент.II. Повторение пройденного материала.Вспомнить понятие карста, условия развития карстового процесса, основные формы карстового рельефа.III. Изучение нового материала.Класс разбивается на 9 групп по 3 человека (если в классе меньше человек, то меньший по объему материал выдается парам, больший – тройкам). Раздаются карточки с описательным материалом по карстовым областям, на их основе дети составляют краткий доклад и заполняют таблицу «Карстовые области Красноярского края».

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название области | S области/S распространения карстующихся пород (% к общей S) | Географическое положение области | Основные формы карстового рельефа |
|  |  |  |  |

IV. Закрепление пройденного материала.После подготовки 1 человек от каждой группы делает доклад у доски и заполняет на доске таблицу по материалу своей области.В заключение делаются выводы о значении карста.1. Карст мешает градостроительству, автодорожному строительству, разработке месторождений полезных ископаемых.2. В то же время во многих карстовых районах обнаружены залежи многих видов полезных ископаемых, которые интенсивно разрабатываются.3. Многие карстовые пещеры имеют большое туристическое значение, в них проложены экскурсионные маршруты. Этот вид активного отдыха очень популярен не только среди жителей края, но и всей России и даже зарубежья. Работает множество спелеологических секций.IV. Домашнее задание.Сделать контурную карту основных карстовых областей. | 2817 | Фронтальный устный опросРабота в группахРабота в тетрадяхОтветы у доски, работа в тетрадяхВ тетрадь |

Заключение

В работе раскрыты особенности карста Красноярского края, показано его многообразное отображение в рельефе местности, гидрогеологических особенностях зоны активного водообмена, обобщен обширный научный материал по данной теме.

В связи с тем, что при изучении рельефа и недр края будут выявлены новые сведения о карсте и неизбежно возникнет необходимость квалифицированной оценки его воздействия на проектируемые объекты промышленного, гражданского и транспортного строительства, исследования карста должны вестись планово и оперативно. Основные задачи дальнейшего изучения карста представляются следующими:

а) проведение карстологических съемок среднего масштаба в основных карстовых областях;

б) создание стационаров и режимных станций на типовых карстовых участках и в отдельных крупных пещерах;

в) проведение детальных специализированных исследований для оценки инженерно-геологических, гидрогеологических условий отдельных площадей распространения карстующихся пород и закарстованности месторождений карбонатного сырья и гипсового камня.

Региональное карстоведение, позволяющее использовать сведения о карсте в разных отраслях народного хозяйства, естественных науках и краеведении, должно основываться на проведении специальных съемок среднего масштаба (1:200000 – 1:100000). Стандартное геоморфологическое, инженерно-геологическое и гидрогеологическое картирование, включающее данные о карстовых явлениях – рельефе, полостях и подземных водах, не дает целостной информации. Необходимы специальные карты, отображающие всю информацию о карсте. Дополнительно потребуется проведение поисков и обследования пещер и привлечением спелеотуристов.

На карстологических картах следует отразить площади распространения карстующихся пород разного состава, их возраст, условия залегания, тектонические нарушения (складки, трещиноватость, разрывы, зоны дробления и рассланцевания), характер рельефа на этих площадях. Формы карста отображают внемасштабными знаками, рядом с которыми у палеокарстовых объектов ставят стандартный индекс геологического возраста. При наличии осадочного заполнения над соответствующим знаком рекомендуется ставить условный индекс полезного ископаемого. Для пещер, являющихся важными элементами карста, следует значковым способом отображать общие размеры (крупные, средние, малые спелеоформы) и морфологические особенности (горизонтальная, вертикальная, наклонная пещера). С целью отображения информации о карстово-гидрогеологических системах на карту наносят поноры, источники и водообильные скважины. Формы множественного распространения (воронки, карры, останцы) изображают групповым знаком с указанием градаций плотности. Особая карстологическая графика – типологические карты, на которых вместо конкретных форм способами ареального фона или значковым показывают совокупные понятия – типы карста.

Создание стационаров и режимных станций в основных горных и платформенных карстовых областях необходимо для оценки интенсивности химической денудации в годичном и многолетнем циклах, воздействия загрязнения атмосферы и подземных вод на карстификацию. На стационарах этот процесс можно исследовать дифференцировано на отдельных полигонах с разными ландшафтами и типами почв, в том числе и под покровными отложениями разного состава и мощности. Кроме того, необходимы спелеологические стационары для исследования деструктивных и аккумулятивных процессов в пещерах, а также вопросов охраны и восстановления спелеоландшафтов.

Изучение карста для прикладных инженерно-геологических, гидрогеологических и геологоразведочных целей проводят в детальных масштабах. Необходимы карстологические карты и планы, составленные на структурно-геологической или геоморфологической основе с учетом отдельных форм карста, их пространственного положения и состава минерального заполнения. Для обеспечения глубинности карт необходимо применять геофизические и биолокационные методы поиска скрытых неоднородностей в карстующихся породах. По их результатам выбирают пункты заложения и параметры скважин. Эти исследования могут выполнять производственные партии при методической и научной помощи карстоведов.

Карст Красноярского края на обширных пространствах еще не изучен. Значит, у исследователей есть путь к новым интересным открытиям рудоносных палеодепрессий, крупных и красивых пещер, резервуаров пресных подземных вод и других объектов. Региональное карстоведение является перспективной областью приложения сил натуралистов, дающей возможности научного творчества и получения практически ценных достижений (по Цыкину, 1990).

Библиографический список

1. Астрашабов Е.Ф. Условия развития карста Манского прогиба. – Природные условия Минусинской котловины. Красноярск, 1981.

2. Бабак В.И., Смирнова С.Б. Новые данные о возрасте гипергенных фосфоритов Восточного Саяна. // Кора выветривания. М., 1978, вып. 16.

3. Беляк В.И. Подземный карст Приенисейской части Восточного Саяна. // Региональная геоморфология Сибири и Дальнего Востока. Л., 1969.

4. Беляк В.И. Из истории изучения карста Красноярского края. // Красноярский край. Материалы по географии. Красноярск: Изд-во КГУ, 1990.

5. Бобров Е.П. Бокситоносные отложения Енисейского кряжа и Сибирской платформы. М.: Наука, 1968.

6. Васильев И.Н., Задорожная Л.П. Задачи и особенности исследования литологии и трещиноватости горных пород в карстовых районах. // Гидрология и карстоведение. Пермь, 1977, вып. 7.

7. Вологодский Г.П. Карст Иркутского амфитеатра. М.: Наука, 1975.

8. Воскресенский С.С. Геоморфология Сибири. М.: Изд-во МГУ, 1962.

9. Гвоздецкий Н.А. Карст. М.: Географгиз, 1954.

10. Гвоздецкий Н.А. Карст. М.: Изд-во «Мысль», 1981.

11. Казакевич Ю.П. Условия образования и сохранения сложных погребенных россыпей золота. М.: Недра, 1972.

12. Коржуев С.С. Древний карст и циклы карстообразования Сибирской платформы. // Карст в карбонатных породах. М., 1972.

13. Лейпциг А.В., Левина А.П., Ясаманов Л.А. Стратиграфия и условия образования мезокайнозойских бокситоносных отложений Юго-Запада Сибирской платформы. М.: Недра, 1976.

14. Максимович Г.А. Генетический ряд натечных отложений пещер (карбонатный спелеолитогенез). // Пещеры, вып. 5 (6). Пермь, 1965.

15. Молодин В.И., Бобров В.В., Равнушкин В.Н. Айдашинская пещера. Новосибирск: Наука, 1980.

16. Мирошников Л.Д. Карст арктической части Сибирской платформы. // Сов. геология, 1962, №7.

17. Пармузин Ю.П. Ландшафтообразующее значение карста Сибири. // Учен. зап. МГУ. География, 1954. вып. 170.

18. Пармузин Ю.П. Данные о карсте севера Средне-Сибирского плоскогорья. // Региональное карстоведение. М., 1961.

19. Поверхности выравнивания и коры выветривания на территории СССР. М.: Недра, 1974.

20. Цыкин Р.А. Карст магнезитов Енисейского кряжа. // Гидрогеология и карстоведение. Пермь, 1975, вып. 7.

21. Цыкин Р.А. Бокситоносный покрытый карст Алтае-Саянской и Центрально-Сибирской областей сводового поднятия. // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья (проблема карста). Саратов, 1978, вып. 16.

22. Цыкин Р.А. Отложения и полезные ископаемые карста. Новосибирск: Наука, 1985.

23. Цыкин Р.А. Карст Сибири. Красноярск: Изд-во КГУ, 1990.

24. Цыкин Р.А., Цыкина, Ж.Л. Крупнейшие в мире конгломератовые пещеры Восточно-Саянской карстовой области. // Гидрогеология и карстоведение. Пермь, 1977, вып. 8.

25. Цыкин Р.А., Цыкина Ж.Л. Карст восточной части Алтае-Саянской карстовой области и связанные с ним полезные ископаемые. Новосибирск: Наука, 1978.

26. Цыкин Р.А., Цыкина Ж.Л., Добровольский М.Н. Пещеры Красноярского края. К.: Красноярское книжное издательство, 1974.

27. Чеха В.П. Древний карст Северо-Сибирской бокситоносной провинции. // Геоморфология, 1982, №2.