

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО КАРСТУ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО
САЛАИРА

П. М. Большаков

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Изучение карста Салаира носило эпизодический характер и являлось составной частью комплекса геолого-разведочных исследований. Наиболее крупные работы в области изучения карста ставились Урской партией Западно-Сибирского геологического треста, производившей в 1936 г. гидро-геологическую съемку на северо-восточном Салаире под руководством автора (3 и 4). Съемка проводилась в масштабе 1:100000 и охватила площадь в 1400 км², о границах которой можно судить по прилагаемой геологической карте (фиг. 1).

Новые данные по карсту получены за период инженерно-геологических исследований 1939 г., осуществленных Сибтранспроект НКПС в районе проектируемой трассы ж. д. Алтайская—Кузбасс. Работами 1939 г. удалось восполнить пробелы съемки 1936 г. и собрать материал о проявлении карста в девонских известняках, развитых близ разъезда Артышта линии ж. д. Новосибирск-Сталинск.

В орографическом отношении исследованная площадь представляет образец эрозионного ландшафта, характеризующегося мягко очерченными контурами и густой сетью речных долин, логов и балок. Наиболее повышенными отметками рельефа являются: г. Копна, имеющая 504,0 м абсолютной высоты, сопка у пос. Черенковского—488,6 м и сопка в верховьях рч. Юрмана—436,7 м. Наиболее пониженные участки выражены тальвегами долин рч. рч. Косьмы, Ура и Ч. Бачата с отметками поверхности 181—210 м. Превышение высших точек над низшими достигает 300—323 м. Среди основных элементов рельефа района нужно выделить три формы. 1) Поверхности выравнивания, господствующие на собственно Салаирском кряже в виде чередующихся ступеней. Они местами осложняются сопками-монадками и гидрографической сетью. 2) Крутой СВ уступ Салаира, обращенный в сторону Кузбасса и резко выраженный в рельефе. Особенно показательно уступ проявляется в районе Тыргана и на протяжении Гурьевск-Пестерево, где он достигает 150—200 м относительной высоты. 3) Долинно-балочно-гривный ландшафт, присущий прилегающим к Салаиру окраинам Кузбасса.

Гидрографическая сеть района выражена незначительными по расходу воды речками II, III, IV и V порядков бассейна р. Оби. Из них отметим рч. рч. Косьму, Бирюлю, Ур, Ч. Бачат и С. Бачат с их притоками. По склонам долин главных речных артерий встречаются две ясно выраженные террасы: пойменная 2—4-метровая и надпойменная 8—11-метровая аккумулятивные террасы.

Схема геологического строения района такова. По длинной стороне площади и в середине ее широкой полосой на северо-запад протягиваются наиболее древние породы—гавриловские известняки нижнего кембрия.

Вдоль длинной осевой части гавриловские известняки прорваны эффузивным комплексом пород печеркинской формации среднего кембрия (фиг. 1). Стратиграфически вышележащие эффузивно-осадочные среднекембрийские образования (анчешевская, новопросветовская и другие формации), нешироко развитые, сосредоточены также в полосе распространения гавриловских известняков и печеркинской формации. Во всех этих формациях довольно часто встречаются диабазовые дайки. Кембрийские породы представляют древнее ядро геологической структуры района, к окраинам которого причленяются силурийские и девонские образования, где доминируют породы осадочного типа. По стратиграфическим и литологическим признакам карбонатные породы, захваченные карстом, могут быть объединены в три основные группы.

Кембрийская группа. На большой площади района развиты гавриловские известняки нижнего кембрия, протягивающиеся сплошной полосой от с. Гавриловского на северо-запад до рч. Косьмы. Они кристаллические, белые или светлосерые, чистые, местами розоватые от примеси вторичного гематита, более или менее мраморизованные. Образование известняков протекало в различных фациальных условиях, о чем красноречиво говорят факты наличия в них небольших линз мергелей, прослоев песчано-глинистого и туфового материала. Общая мощность известняков достигает 2,5—3 км. К кембрийской группе также относятся хомутинский горизонт известняков А. Г. Володина (6) и „кроющие“ известняки Б. Ф. Сперанского (18), имеющие верхнекембрийский возраст. Кроющие известняки зафиксированы в районе г. Гурьевска и хомутинский горизонт—по берегам рч. Хомутины, где он пользуется ограниченным распространением. Он состоит из кристаллических белых, розоватобелых с буровато-красными тонами известняков, обогащенных кластическим материалом, причем последний здесь встречается в большем количестве, чем в гавриловских известняках. У д. Горскиной мощность хомутинских известняков 200—250 м.

Силурийская группа. В данную группу мы включаем только верхнесилурийские известняки и не включаем нижнесилурийские, которые нами не обследовались. Здесь имеется в виду остракодовый горизонт известняков, пользующихся распространением у с. Пестерево и д. Ариничевой (11 и 27). Он представлен темными и темносерыми массивными и слоистыми, битуминозными известняками, имеющими мощность у д. Ариничевой 190—200 м.

Девонская группа. Жединский ярус (Д₁) выявлен у Крековской мельницы в районе Гурьевска, где он представлен крековскими серыми, светлосерыми, желтовато бурыми известняками. Они обычно массивные, плотные и довольно чистые; их мощность 400—500 м (11). Кобленцкий ярус (Д₂) выражен светлосерыми и серыми, массивными или неясно слоистыми пестеревскими известняками, развитыми в средней части с. Пестерево. Мощность их 300—400 м. В среднем девоне известняки встречаются как линзами в песчано-глинистых породах, так и обособленными мощными толщами. Среди последних отметим акутолобатовые (салаиркинские) известняки, зафиксированные по берегам рч. Салаирки и рч. Ура в окрестностях с. Пестерево. Они—светлосерые, серые, редко темносерые, плотные или слоистые. Их мощность небольшая (десятки метров). Выше салаиркинских известняков залегают темносерые, серые, песчано-глинистые, битуминозные, слоистые конхидиумовые (карачкинские) известняки, которые проявляются по правобережью р. Черновой Бачат в окрестностях Гурьевского завода, где их мощность достигает 800—900 м.

На поверхности коренных пород района залегают рыхлые продукты древней коры латеритного выветривания и четвертичные образования. Продукты древней коры выветривания большей частью представлены раз-

ноцветными водоупорными глинами и реже грубообломочным материалом (каменный боксит, щебень, галька, песок и др). Они преимущественно встречаются во вторичном залегании и приурочены к отрицательным формам рельефа, выраженным древними погребенными долинами, котловинами и карстовыми воронками. В пределах рассматриваемого района мощность продуктов коры выветривания измеряется величиной не менее 35 м, что доказано разведочными работами на территории месторождения глин Широкого лога (7). К четвертичным породам относятся покровные лёссовидные суглинки, разнообразного литологического состава аллювиальные и делювиальные образования, которые залегают непосредственно на коренных породах или на продуктах древней коры выветривания. Распределение и мощность рыхлых четвертичных пород далеко неравномерны. В пределах водораздельных пространств обычно развиты покровные желтые и темножелтые лёссовидные суглинки, обладающие незначительной мощностью (до 10—15 м). В пониженных участках речных долин, кроме покровных суглинков, пользуются распространением аллювиальные суглинки, глины, пески, щебень и галечники. Здесь суммарная мощность рыхлой толщи определяется величиной до 40 и более метров. По пологим склонам долин и водоразделов проявляются различные по мощности породы, состоящие из грубообломочного материала, делювиальных и лёссовидных суглинков. В верхней части крутых склонов и на макушках сопок рыхлые породы отсутствуют. Исключая грубообломочный материал, рыхлые образования сравнительно слабо водопроницаемы.

Коренные породы кряжа, имея крутое юго-западное и северо-восточное падения, в основном простираются с юго-востока на северо-запад. Но на фоне господствующего северо-западного простирания пород, собранных в пликативные формы, удается подметить взбросо-надвиговые формы дизъюнктивных нарушений, чем осложняется тектоника района. Большое количество дизъюнктивных нарушений проходит вдоль северо-восточной границы кряжа, где в силу этого древние кембрийские формации надвинуты на более молодые палеозойские породы Кузбасса. Чаще проявляются крупные продольные дизъюнктивные нарушения, ориентированные на СЗ, т. е. параллельно простиранию пликативных форм; реже встречаются тектонические трещины поперечного типа, протягивающиеся в ЮЗ направлении.

Современный рельеф Салаира возник в результате сложного влияния тектогенеза и процессов денудации, начавшихся с палеозоя и продолжающихся в настоящее время. Не вдаваясь в детали сложных фаз и эпох тектогенеза (24), образовавших геологическую структуру Салаира, рассмотрим карстовые формы, исключительно приуроченные к областям распространения известняков.

Морфология карстовых образований.

Наличие чехла рыхлых отложений на поверхности известняков маскирует карстовые формы. Наиболее ярко они проявляются на плоских возвышенностях и на пологих склонах долин. В рельефе карстовые формы типично выражены на территории Некрасовского (Гавриловского) и Ариничевского месторождений огнеупорных глин, в районе Широкого лога и других месторождений бокситов и бурых железняков. К морфологическим формам карста в районе относятся: 1) воронки, 2) котловины, 3) пещеры и 4) сухие (мертвые) долины.

Воронки.

Основной формой проявления карста в рельефе являются воронки. Наибольшее количество воронок обнаружено на поверхности кембрийских

известняков. Для месторождений глин Широкого лога, находящихся в пределах гавриловских известняков, А. Г. Вологдиным (6) зафиксировано 100 воронок приблизительно на 1 км² площади. Также в большом количестве воронки встречаются на Некрасовском, Ариничевском, Вагановском, Краснинском и других месторождениях глинистых и бурых железняков. В меньшем количестве они проявляются на Бугачевском, Карачкинском и Баскусанском участках, которые находятся в зоне карста девонских известняков. На площадях распространения силурийских известняков воронки встречаются крайне редко. В плане воронки имеют разнообразные формы: круглые, эллиптические, яйцевидные и неправильные. Круглые, эллиптические и яйцевидные воронки приурочены к плоским водоразделам, а грушевидные встречаются на крутых склонах, причем расширенная часть воронки располагается в повышенной стороне склона. Располагаются они группами или цепочками, протягиваясь вдоль простирания известняков и продольных тектонических трещин, что является характерной особенностью района. Несколько обособлены в своем расположении воронки верховьев рч. Баскусана. Они, находясь на дне суходола, протягиваются вдоль ломаной линии, сначала идущей на северо-запад, затем круто поворачивающей на северо-восток и, наконец, опять поворачивающей на северо-запад (фиг. 2). Такое расположение воронок, вероятно, следует объяснить приуроченностью их к продольным и поперечным тектоническим трещинам, секущим девонские известняки. Наличие тектонических разломов на этом участке неоднократно фиксировалось исследователями прошлых лет. К. В. Радугиным (15) прослежены два поперечных дизъюнктивных нарушения, простирающихся параллельно р. Амнихи. Меньшие по масштабу тектонические разломы вскрыты карьером на втором Баскусанском месторождении девонских известняков. Как отмечают В. И. Яцук и М. А. Заблוצкая (28), в карьере имеются трещины типа разлома, которые прослеживаются до самой подошвы карьера, не изменяя своей ширины. У дневной поверхности трещины несколько расширяются, образуя в поперечном разрезе подобие воронок. Данные примеры доказывают, что карстовые воронки на Баскусанском участке территориально и генетически связаны с тектоническими трещинами, секущими девонские известняки.

Кроме того, можно отметить большое количество воронок на контакте известняков с песчано-глинистыми породами. В этом отношении наиболее ярким примером является цепь воронок в пределах гавриловских известняков на контакте их с легко каолинизирующимися сланцами, выявленными на территории месторождения глинистых и бокситов Широкого лога.

Размеры воронок района варьируют в значительных пределах, достигая по длинной оси до 200 и более метров. В глубину воронки имеют полуяйцевидную, конусовидную и неправильные формы. Крутизна склонов конусовидных и полуяйцевидных воронок измеряется в пределах от 10 до 45 и более градусов. Считая от поверхности известняков, глубина этих воронок измеряется величиной до 30 м. В рельефе они обладают меньшей глубиной (до 10—15 м), так как сверху заполнены рыхлыми отложениями. Воронки неправильной формы (провальные) имеют огвешенные стенки, сложенные известняками (лога в верховьях рч. Баскусана). На дне их встречаются обломки и щебень известняков с примесью рыхлого материала. Очень редко ко дну таких воронок подходят устья щелей и каналов, погружающихся в глубину, благодаря чему воронки являются водопоглощающими (понорами). В меньшей мере водопоглощающими следует считать воронки, заполненные каменными бокситами, песками и галечниками с примесью глины. К совершенно непоглощающим воду относятся воронки, заполненные водонепроницаемыми жирными глинами и каолинами. На дне таких воронок, встречаемых в районе Некрасовского и Ариничевского месторождений огнеупорных глинистых, скапливаются ливневые и веш-

ние воды, образуя временные озера. Некоторые большие воронки частично дренируют грунтовые воды лёссовидных пород (верховодки), в результате чего на дне их проявляется заболоченность и уживается водолюбивая растительность.

В образовании воронок главную роль играли коррозионные и суффозионные процессы. В отдельных случаях эти процессы дополнялись провальными явлениями, которые обусловили воронки с отвесными стенками.

Котловины.

От воронок котловины отличаются своими большими размерами и присутствием воды. К котловинам могут быть отнесены блюдцеобразные и воронкообразные впадины, находящиеся в пределах Некрасовского месторождения огнеупорных глин. Размеры их по длинной оси достигают 200—300 и более метров. Некоторые котловины, захваченные эрозией, потеряли свои характерные особенности замкнутой формы и превратились в циркообразные впадины, открытые с одной стороны. В этом отношении интересной считается циркообразная впадина, расположенная в истоках рч. Голодайки и дающая выход крупного по дебиту источника трещинно-карстовых вод (ист. № 84).

Пещеры.

Данная форма карста недостаточно выявлена. В гавриловских известняках зафиксированы Горскинская и Гавриловская пещеры; последняя описывается ниже. Устье Гавриловской пещеры расположено в нижней половине левого коренного склона долины р. Б. Толмовой, в 20 м по азимуту СЗ:290° от тупика Салаирской ветки ж. д. и на высоте 25—30 м над урезом воды в реке. Вход в пещеру выражен каналом формы усеченного конуса с неровными стенками, до некоторой степени обделанными рукой человека. Считая от точки 1 до точки 2 (фиг. 3), канал погружается под углом в 33° на СЗ:305°. Его начальный диаметр равняется 1,5, конечный 1,0 и длина—9,0 м. В нижней узкой части конусовидного канала замерялись элементы залегания гавриловских кристаллических известняков нижнего кембрия, к которым приурочена пещера. Направление падения известняков ориентировано на СВ:20° < 46°. Известняки разбиты трещинами по наслоению и перпендикулярно ему. От точки 2 до точки 3 прослежена полость (канал), имеющая в поперечном сечении форму неправильного четырехугольника и длину 8,10 м. Полость спускается к точке 3 под углом 33°, по азимуту ЮВ:120°. У точки 2 она имеет ширину 2,0 и высоту 2,0 м, причем последняя у точки 3 уменьшается до 1,0 м. Примерно, от средней части канала вправо отходит ответвление, сходящееся с основным каналом в точке 3. Данное ответвление характеризуется почти круглым сечением с диаметром 0,80—1,0 м. Как его стенки, так и углы на поворотах закруглены работой проточной воды. В канале между точками 2—3 стенки и потолок чаще угловаты. На его дне накоплены крупные глыбы и щебень известняков, обрушившиеся с потолка и стенок. Поперечное сечение канала резко изменяется по его протяжению. Оно то сокращается до узкого прохода, то раздувается в широкие камеры. Между точками 3—4 располагается канал треугольного сечения, длина которого 5,5, высота 1,0 и ширина в основании 2,0 м. Канал опускается на СВ:85° с углом 44°. На его дне, кроме глыб и щебня известняков, лежат хворост и деревянные чурки, попавшие с дневной поверхности. В промежутке точек 4—5 находится небольшая полость, падающая под углом 38° на СВ:60°. Дно полости неровное, с углублениями в коренных породах. В узких сечениях

стенки полости хорошо отполированы проточной водой, наоборот, в расширенных сечениях они обогащены карровыми желобовидными углублениями и нишами, а также щелями, которые тупо заканчиваются. Вертикальное сечение полости приближается к полукругу, свод которого обращен кверху. Местами на стенках и потолке проявляются сталактитовые образования, различные по своей форме. По стенкам сталактиты похожи на шкуру кудрявого барашка, на потолке они представлены в виде сосулков и гроздевидных пучков, состоящих из кальцита, несколько загрязненного глинистыми примесями. От точки 5 до 7 расплывается один почти горизонтальный канал с общей длиной 13 м, ориентированный на СВ: 50—55°. Имея вид узкого коридора, он у точки 7 значительно расширяется, приобретая вид зала с куполовидным потолком, на котором обнаружены ямки и углубления. Высота зала 1,8—2,0 м и ширина 3,5—4,0 м. От центра зала до точки 8 прослежен горизонтальный тоннель, имеющий длину 10 м. На дне зала и тоннеля накоплены глыбы известняков и красноцветная пещерная глина, а также глинистые продукты древней коры выветривания, занесенные в пещеру проточными водами. От точки 8 на ЮВ: 170° отмеченный тоннель продолжается в виде щели, которая, несколько приподнимаясь вверх, заканчивается тупиком, заполненным мокрой красноцветной глиной. Карстовые формы, охарактеризованные по линии 2—8, образуют восточную половину главного хода Гавриловской пещеры. Считая от устья пещеры, главный ход имеет западную половину, показанную на фиг. 3 линией 2—9—10—12 и составляющую одно целое с восточной половиной главного хода. Не рассматривая полости между точками 2—9—10, которые в основном аналогичны таковым восточной половины хода, остановимся на описании большой камеры, околонтуренной точками 10—11—12—12¹. Она имеет вид зала, потолок которого представляет более или менее ровную поверхность, наклоненную в сторону падения слоистости пород. На потолке проявляются желобовидные и трубчатые карстовые полости, идущие согласно наслоению известняков и перпендикулярно ему. На дне зала, которое также наклонено по падению пластов, наблюдается хаос, образованный нагроможденными глыбами и обломками известняков, размеры которых достигают до 3,0 м в длинном поперечнике. Накопление хаоса глыб произошло вследствие обрушения потолка по плоскости наслоения, трещиноватости и по разработанным карстовым полостям известняков. Проведенным обследованием удалось проникнуть на глубину 15 м от устья пещеры и по периферии на 90 м, причем проточной воды в ней встречено не было. Лишь по стенкам и на потолке пустот наблюдаются капли воды. Ниже отмеченной глубины спуститься не удалось, чему препятствовали небольшие размеры полостей, погружающихся вниз. Общий объем пустот пещеры превышает 500 м³. Температура воздуха в ней, определенная 10/VII—39 г., равнялась 5°C.

Анализ фактического материала по Гавриловской пещере позволяет сделать следующий вывод. Образование пустот главным образом обусловлено эрозионными и коррозионными процессами, интенсивно действовавшими в далеком прошлом. () коррозионной деятельности вод свидетельствуют: 1) карровые желобки на стенках пустот, 2) образование на потолке и стенках пещеры небольших ямок и углублений и 3) скопление в пустотах красноцветной пещерной глины, как остатка от растворения известняков. О механической деятельности проточной воды, в свою очередь, свидетельствуют: 1) наличие куполов, вероятно, образованных механической работой воды под большим давлением, 2) закругление углов при разветвлении и смыкании пещерных каналов и 3) гладкие отполированные поверхности стенок. Правда, нами указывались также и угловатые стенки пустот. Но это не противоречит положению о коррозионном и эрозионном образовании пещеры. Угловатые контуры получились в ре-

результате обрушений пород со стенок и потолка пустот, где откол пород мог происходить по трещинам, слабо разработанным карстовыми водами. При этом мы считаем, что в некоторых пустотах обрушения известняков происходили после существования в них потоков карстовых вод, в связи с чем отсутствовали и необходимые условия для обработки угловатых контуров коррозионными и эрозионными процессами. В настоящее время расширение пустот пещеры протекает в замедленном темпе, что объясняется слабой циркуляцией вод в ней. Слабая циркуляция вод в пустотах обусловлена двумя основными причинами. Во-первых, главные подземные каналы, подводящие воду к пещере, закупорены водонепроницаемой глиной или совершенно срезаны денудацией. Во-вторых, пути поступления поверхностных вод в пещеру с верхней части склона долины р. Толмовой в значительной части отрезаны глубокой железнодорожной выемкой в известняках, проходящей вдоль возвышенной части склона на расстоянии 40—50 м от устья пещеры. Следовательно, Гавриловская пещера находится в зоне сухого карста, дренирующего поверхностные воды лишь с небольшой площади водосбора.

Кроме отмеченных пещер в гавриловских известняках встречаются пещерообразные углубления в скалистых уступах известняков. Они обычно имеют небольшие размеры, проявляясь на правом склоне долины рч. Понкрязки у деревни того же названия и по левому склону долины рч. Ч. Бачат в 5,5 км выше г. Гурьевска. В силурийских известняках пещеры не обнаружены. В небольшом количестве они зарегистрированы в девонских породах при заложении Гурьевского и Баскусканского карьеров. В них вскрыты небольшие каналы круглого или эллиптического сечения, размеры которых в поперечнике не превосходят 1,0 м. Каналы открыты или наполнены красноцветной глиной, содержащей щебень и обломки известняков.

Сухие (мертвые) долины.

Карст в известняках накладывает свои специфические черты на гидрографическую сеть района. Придерживаясь классификации А. А. Кривера (9), все реки карста мы можем подвести под три типа. Первый тип—многоводные постоянные реки, берущие начало в области распространения водонепроницаемых пород и прорезающие всю толщу карста. Вследствие обилия воды и значительной эрозионной силы они в состоянии углубить свою долину до уровня грунтовых вод или до подлежащих непроницаемых пород и поэтому сохранить свою жизнеспособность. К этому типу относятся крупные водные артерии района—Косьма, Бирюля (Ур) и Ч. Бачат, характеризующиеся минимальным расходом воды 2—3 м³/сек. В пределах Салаирского кряжа их долины, заложенные вкрест простирания геологической структуры, глубоки и хорошо разработаны. На склонах долин обнажаются отвесные скалы. Второй тип—реки, берущие начало в пределах карстовых областей и получающие питание из мощных по дебиту источников. К такой категории принадлежат небольшие по расходу речки и ручьи СВ Салаира—Баскускан, верховья Голодайки, ручей Гурьевский и др. Их истоки образованы мощными источниками трещинно-карстовых вод и расположены в циркообразных углублениях. Выходя за пределы известняков, они доносят свои воды до больших по расходу речек. Третий тип—многочисленные реки карста, которые текут на поверхности только на ограниченном протяжении, а затем поглощаются понорами. Чаще эти реки берут начало в области непроницаемых пород, но, вступая в пределы карста, они теряют свою воду в трещинах и понорах. К третьему типу относятся следующие речки исследованной площади: Копанец, Сухая речка и кл. Черенковский. Особого внимания заслуживает рч. Ко-

панец, берущая начало в склоне г. Копны. Ее верховье, приуроченное к площади развития песчаников и сланцев силура, имеет поверхностный водоток. При вступлении последнего на территорию закарстованных кембрийских известняков вода его начинает теряться, сохраняясь небольшими лунками стоячей воды. В 4 км выше дер. Подкопеной вода в русле совершенно исчезает и вплоть до самого устья речки долина мертвая (сухая).

Верховья кл. Черенковского, берущего начало в 1 км к ЮЗ от пос. Черенковского, заложено в пределах печеркинской формации. В 200 м ниже заболоченного верховья расход воды в ключе достигает 2 л/сек. Еще ниже долина приобретает ущелевидный поперечный профиль, углубляясь вкост простирающихся метаморфических сланцев. В 700 м ниже верховья долина, вступая в известняки, резко расширяется, и вода ключа неоднократно то теряется в дне, то снова появляется. В районе также встречаются небольшие по размерам мертвые долины, которые следует назвать суходолами (рч. Оплетиха, Сухая Каменка и Кинтерепиха), где вода появляется только в период сезонных паводков.

Перечисленные наземные формы карста тесно связаны с подземным (глубинным) карстом, на что показывают наблюдения в Гавриловской пещере, Гурьевском и Баскусанском карьерах, в выемке 8,5 км ж. д. ветки Гурьевск-Салаирский рудник и шахте 2-бис Урского прииска Запсибзолота. Гурьевский карьер, где Кузнецкий металлургический комбинат эксплуатирует девонские известняки, детально освещен в работе А. М. Кузьмина (10) и Е. В. Буткевича (5). В средней части карьера у известковых печей трубообразные и щелевидные формы карста в глубину иногда принимают более сложные формы пещер, ниш, каналов, рукавов и щелей, которые то расширяются, то суживаются, то идут в одном направлении, то резко поворачивают в другом, в основном подчиняясь господствующей трещиноватости известняков. В выемке 8,5 км ж. д. ветки Гурьевск-Салаирский рудник и Баскусанском карьере глубинный карст встречен в виде пещер, каналов и трещин, погружающихся в глубину. Они заполнены красноземными продуктами выветривания или лишены последних.

Что касается глубины проникновения подземных форм карста, то конкретные данные по этому вопросу отсутствуют. Большое количество геолого-разведочных работ, произведенных на Салаирском и Урском рудниках, не обеспечили сбора необходимого материала о подземном карсте. Поэтому приходится пользоваться косвенными данными. Нам известно, что глубина зоны выщелачивания и окисления полиметаллических руд Саймоновского месторождения проникает на 170 м от дневной поверхности (12) и на 80—90 м ниже уровня поверхностных водотоков. Отсюда следует, что глубинный карст, также зависящий, как и зона окисления, от циркуляции подземных вод, в отдельных участках может быть развит на 80—90 м глубже горизонта воды в реках района. Глубину распространения карста на 80—90 м ниже горизонта воды в речках нельзя считать преувеличенной, так как в пределах девонских известняков Карачкинского месторождения, как показали геофизические исследования, уровень карстовых вод залегает глубже 180 м абс. высоты, т. е. на 27,6 м ниже уреза воды в р. Ч. Бачат. Рассматривая нижнюю границу глубинного карста, нельзя забывать следующего весьма важного обстоятельства. Салаир характеризуется наличием древних долин, которые неоднократно фиксировались на различных гипсометрических отметках (7,17 и 26). К. В. Радугиным (15) древние долины встречены на водоразделах р. р. Томь—Чумыш и Кара—Чумыш, Гринко—в районе Золотой горы и геологами Сибтранспроекта в верховьях рч. Баскусана (199 км трассы Алтайская—Кузбасс). Согласно воззрениям Б. Ф. Сперанского (18), на Салаире можно выделить три типа древних долин, различных по разработанности и возрасту, причем конфигурация их в плане местами не соответствует конфигурации совре-

менных долин. В последнем случае они слабо выражены в рельефе, так как погребены рыхлыми образованиями. Один тип древних долин (второй тип Сперанского) отличается наибольшей разработанностью. Водотоки этого типа долин располагались на десятки метров глубже русла современных рек и являлись самым низким базисом эрозии района, определяющим в пределах известняков наиболее низкий базис карстообразования. В связи с этим вполне допустимо, что нижняя граница карстообразования лежит на 80—90 м глубже уреза воды современных рек, как это было указано раньше.

Приведенные рассуждения относятся к глубинному карсту, зависящему в своем развитии от положения местных базисов эрозии как древних, так и современных. Еще более низких отметок глубинный карст, вероятно, достигает в зонах тектонических нарушений, по которым подземные воды могут циркулировать на глубинах более 1 км ниже базиса эрозии, выходя на дневную поверхность в участках, весьма удаленных от их области питания.

Совокупностью охарактеризованных карстовых форм определяется карстовый ландшафт Салаирского района. Он несколько отличается от ландшафта классических карстовых областей, расположенных в западной части Балканского полуострова, Италии и Горном Крыме. В отмеченных областях известняки не перекрыты рыхлыми наносами, в связи с чем на поверхности известняков интенсивно проявляются коррозионные и эрозионные процессы, образующие типичные карровые поля. В этом случае карстовый ландшафт выражен наиболее рельефно. Он, по терминологии Ф. Катцера (8), называется неприкрытым (голым) карстом (*packter oder offener Karst*) или, по терминологии Л. Савицкого (16), карстом средиземноморского типа. На Салаире карровые поля не пользуются распространением, что объясняется наличием мощного покрова рыхлых отложений на поверхности известняков. По аналогии с Кизеловским карстом (19), Салаирский карст следует отнести к закрытому или средневропейскому типу карстовых областей. Карст района закрыт как рыхлыми, так и коренными некарбонатными породами.

Главнейшие факторы, влияющие на карстообразование.

Формы карстовых проявлений и степень интенсивности карстообразования обуславливаются сложным комплексом факторов (1,20,21 и 25). Применительно к Салаирскому району рассмотрим основные факторы: 1) химический и минералогический состав породы и ее структура; 2) слоистость, трещины отдельности и тектонические трещины; 3) однородность известняков (переслаивание с водоупорными слоями и контактовые воздействия); 4) климатический фактор; 5) площадь распространения известняков; 6) гипсометрическое положение известняков; 7) мощность рыхлого покрова и 8) гидрогеологические факторы.

Для выяснения роли химического и минералогического состава известняков в карстообразовании производились лабораторные исследования. Химический анализ пород производился лабораторией Томского индустриального института под руководством старшего преподавателя И. П. Онуфриенко, а минералогический состав их исследовался геологом ЗСГТ М. П. Нагорским. Кроме того, нами использовались результаты химического анализа известняков из работ проф. А. М. Кузьмина (10)¹⁾ и доц. В. А. Нуднера (13). Общие результаты химического анализа при-

¹⁾ Данные А. М. Кузьмина указаны в тексте звездочкой (*).

ведены в таблице 1. Отметим наиболее характерные показатели известняков: CaO от 49,79 до 55,96; MgO от 0,03 до 1,83*; SiO₂ от 0,09 до 7,97% и нерастворимого остатка от 0,14 до 2,37%. По составу нерастворимого остатка известняки разделяются на три основные группы: а) известняки с нерастворимым остатком, в котором преобладает вторичный кварц, входящий до 95% всего состава (пробы №№ 1, 5, 6, 7, 8, 10 и 11); б) известняки с нерастворимым остатком, состоящим из минералов каолининовой группы (пробы №№ 2, 12, 13 и 14) и в) известняки с нерастворимым остатком из глинистых минералов (пробы №№ 3, 4 и 9). Известняки с повышенным содержанием нерастворимого остатка (пробы №№ 2, 7, 8 и 11) слабо подвергаются карстообразованию. В данную группу входят окварцеванные кембрийские известняки (обн. № 11, 184 и др.—см. фиг. 1), окварцеванные и битуминозные ариничевские известняки нижнего силура и пестеревские известняки нижнего девона (обн. № 276). Наоборот, слабо окварцеванные кембрийские известняки хорошо подвергаются карстообразованию (Гавриловская пещера, забой шахты 2-бис Урского прииска, верховья кл. Золотого—обн. № 245, обн. № 34 и др.).

Микроскопическому изучению подвергалось небольшое количество образцов. Поэтому определенных выводов о значении структуры и текстуры известняков для процессов карста сделать нельзя. Но, повидимому, структура в этих процессах играет не меньшую роль, чем химический состав пород. По ограниченным данным можно сказать, что крупнозернистая и частично сгустковая структуры, более податливы к растворению в воде, чем иловатые структуры, обогащенные пылевидными частицами битуминозного вещества. Надо полагать, по этим причинам ариничевские и пестеревские известняки с иловатой структурой не проявили заметной карстующей способности.

О. Л. Энор (25, стр. 159) не придает большого значения растворению известняков по наслоению и слоистости. С этим мнением нельзя не согласиться, так как по наслоению карстообразование не может распространяться на большую глубину, захватывая лишь зону физического выветривания. Несомненно, что тектонические трещины, погружающиеся на значительную глубину, являются более благоприятным фактором для карстообразования, нежели трещины наслоения. Многие авторы (9, 20 и 25) особое развитие карста связывают с зонами тектонической трещиноватости. Данное положение вполне доказывается фактическим материалом по карсту Салаира. Как уже говорилось выше, с зонами тектонических трещин в известняках связаны карстовые полости в Гурьевском и Баскусканском карьерах. Простирание цепочек и групп воронок параллельно тектоническим разломам района также указывает на приуроченность карста к зонам тектонической трещиноватости. В этом отношении особенно типичным примером могут служить воронки верховьев рч. Баскускана, расположенные вдоль пересекающихся продольных и поперечных тектонических трещин (фиг. 2). Уделяя должную дань значению тектонической трещиноватости в карстообразовании, мы должны подчеркнуть, что протяжение большинства карстовых воронок также параллельно и трещинам отдельности известняков. Возможно, здесь благоприятно для карстообразования сочетаются все три фактора, т. е. наслоение, трещины отдельности и тектонические разломы. Поэтому при сопоставлении данных трех факторов в карстообразовании целесообразно обращать внимание на внутреннюю поверхность пород, представляющую совокупность поверхностей трещин и пор. Этот фактор в селективном выветривании играет исключительно важную роль: чем больше внутренняя поверхность, тем сильнее выветривается порода (23).

Однородность известняков в общем повышает степень карстообразования, о чем можно судить по однородным гавриловским известнякам

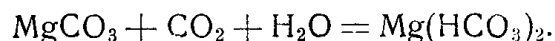
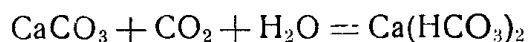
Таблица 1.

Результаты химического анализа известняков

№ п/п	№ № пров	№ № образцов	Название породы	Место взятия пробы	Прочность в 10% от первоначальной	В процентах				Примечание	
						SiO ₂	Полуторные окислы	CaO	MgO		П.П.П
1	1	9	Гавриловский известняк	Сп ₁	0,44	0,55	0,08	55,50	0,13	43,69	По В. А. Нуднеру (13)
2	2	33	"	"	1,36	0,73	0,79	55,09	0,04	43,26	
3	3	49	"	"	0,14	0,16	0,08	55,64	0,20	43,88	
4	4	62	"	"	0,51	—	—	—	—	—	
5	5	99	"	"	0,06	—	—	—	—	—	
6	6	218	"	"	0,30	—	—	—	—	—	
7	7	314	Хомутинский известняк	Сп ₃	2,37	—	—	—	—	—	
8	8	199	Ариничевский	S ₂	2,67	—	—	—	—	—	
9	9	402	Крековский	D ₁ ¹	0,67	—	—	—	—	—	
10	10	484	Гавриловский	Сп ₁	0,26	—	—	—	—	—	
11	11	515	Пестеревский	D ₁ ²	2,16	1,62	0,99	54,49	0,07	42,83	
12	12	181	Саларкинский	D ₂	0,39	—	—	—	—	—	
13	13	401	Крековский	D ₁ ¹	0,73	0,42	0,57	55,36	0,07	43,52	
14	14	467	Гавриловский	Сп ₁	0,16	0,05	0,09	55,94	0,03	43,88	
15	15	—	Баскусавский	D	—	0,33	0,19	55,50	—	43,55	
16	16	—	"	"	—	0,35	0,23	55,45	—	43,51	
17	17	—	"	"	—	1,94	0,49	54,17	—	42,51	
18	18	—	"	"	—	4,59	0,43	52,81	—	41,44	

Некрасовского месторождения огнеупорных глин, сильно захваченных карстом.

На контакте со сланцами, содержащими пирит, известняки подвергаются усиленному карстообразованию, что доказано на примере известняков Широкого лога (фиг. 4). Явления такого порядка неоднократно подмечались исследователями карста Горного Крыма (9) и карста Кизеловского района на Урале (19 и 25). В этом случае на интенсивное развитие карста особое влияние оказывают химические, геологические и гидрогеологические факторы. Важную роль в сложном ходе химической реакции играет железо. Серный колчедан, содержащийся в сланцах, под влиянием воды и атмосферного кислорода окисляется в сернокислое железо и серную кислоту. Сернокислое железо, будучи сильным окислителем, сжигает углеродистые соединения сланцев с выделением углекислого газа (CO_2), который, попадая в воду, обуславливает высокие агрессивные свойства последней. Содержание в воде углекислоты сильно повышает растворяющую способность воды, в особенности по отношению к практически нерастворимым в чистой воде карбонатам кальция и магния. Углекислота переводит их в растворимые бикарбонаты по формулам:



При соответствующих геологических условиях рассмотренное химическое воздействие может быть дополнено гидрогеологическим фактором. Если известняки подстилаются сланцами, то на их контакте создаются условия для образования хорошо выраженных водоносных горизонтов или подземных водотоков, способствующих интенсивному карстообразованию. Ярким доказательством данного положения может служить наличие Гурьевского источника трещиннокарстовых вод, приуроченного к гавриловским известнякам нижнего кембрия, находящимся в тектоническом контакте с зелено-лиловой формацией среднего кембрия и конгломератами низов западно-алтайской нижнеордовической формации (фиг. 5). Гурьевский источник обладает дебитом до 36—40 л/сек и является одним из крупных источников северо-восточного Салаира, о чем подробнее скажем ниже.

Процессы разрушения пород на контакте известняков со сланцами можно иллюстрировать многочисленными фактами, особенно для территории распространения гавриловских известняков, чередующихся со сланцами, эффузивно-осадочными и эффузивными формациями. Кстати подчеркнем, что выветривание известняков на контакте с некарбонатными породами может интенсивно протекать только в ранней (юной) стадии карста. Позднее, по мере разрушения известняков и образования в них карстовых воронок, наступает стадия замедления карстообразования. Оно происходит потому, что поверхностные воды, стекающие в воронки, приносят мелкий глинистый материал и отлагают его на дне воронки. Глинистый материал совместно с грубыми обломками (делювием и осылями) перекрывает известняки и прекращает к ним доступ поверхностных вод, чем и замедляется дальнейшее карстообразование.

Вопрос о влиянии климатического фактора на интенсивность карстовых процессов необходимо ставить в двух направлениях, рассматривая современный и древний климат. Особенности современного климата Салаира, при которых во впадинах рельефа создаются благоприятные условия для образования подземных вод, вероятно, дифференцируют известняки таких участков и усиливают карстообразование. Большее значение в карстообразовании известняков мы придаем климату более отдаленных эпох. Очевидно, в юрский или третичный период, когда на Салаире существо-

вал жаркий и периодически влажный климат, карстовые процессы носили исключительно интенсивный характер. В этот период при красноземном выветривании поверхностные и подземные воды были обогащены большим количеством гумусовых кислот, углекислоты и серной кислоты, которые во много раз могли повышать растворяющую способность вод. В связи с этим мы считаем, что доминирующая часть описанных выше карстовых форм была заложена в эпоху красноземного выветривания. Позднейший размыв коры выветривания заполнил большинство карстовых форм продуктами этой коры, которые в изобилии теперь встречаются в виде разноцветных огнеупорных глин, песков, бокситов и бурых железняков. Заполнение древних карстовых воронок, пещер и трещин продуктами коры выветривания, выраженных чаще водонепроницаемыми глинами с мощностью более 10 м, способствовало замедлению последующих карстовых процессов в известняках района. Как следует из данных геолого-разведочных работ на рассыпное золото, бокситы и огнеупорные глины, многие древние карстовые воронки совершенно заполнены продуктами древней коры выветривания и не выражены на дневной поверхности. Более молодые карстовые формы, заполненные и четвертичными образованиями, обязаны позднему карстообразованию, которое продолжается и сейчас, но с более медленными темпами, чем в далеком прошлом. О деятельности карста на современном этапе говорят частые выходы источников карстовых вод и провалы в воронках, где рыхлые породы имеют взбитый вид с плоскостями притирания. Такое состояние рыхлых пород подмечено акад. М. А. Усовым (22, стр. 7) в шурфе № 1, заложенном в Широком логу. Не менее характерными свидетелями действующего карста являются открытые карстовые воронки в верховьях рч. Баскускана, приуроченные к девонским известнякам. Развитие карстовых процессов в настоящее время обусловлено тектоническим поднятием Салаирского кряжа, что доказывается образованием крутого уступа Салаира, обращенного в сторону Кузбасса, и оживлением донной эрозии рек района (Аламбай, Косьма, Бирюля и Ч. Бачат), протекающих в пределах кряжа.

Примеры интенсивного развития карста на площадях обширного распространения известняков нами приводились (Некрасовское, Ариничевское месторождения огнеупорных глин и др.). Маломощные прослои известняков, перекрытые водоупорными прослоями, предохраняются последними от доступа поверхностных вод. Для Салаирского района мы не можем привести показательные примеры об отрицательном влиянии водоупорных прослоев на процесс карста. Другой фактор—контактовое воздействие (метаморфизм) соседних изверженных пород сказывается резко. Известняки, затронутые вторичным окварцеванием (обн. № 11), как и другие окварцованные породы кряжа, слабо реагируют на выветривание.

Гипсометрическое положение известняков обуславливает не только интенсивность карстообразования, но, согласно мнения многих авторов (1 и 25), может предопределить направление его и возникновение определенного облика карстовых форм. Интенсивность карстообразования распределяется по закону эрозионной деятельности открытых потоков, ослабевающая ниже уровня подземных вод. В повышенных участках она сильнее, в пониженных слабее, причем наиболее интенсивна она бывает в области, вертикальной циркуляции вод. Это не могло не отразиться на карстообразовании известняков района. Очевидно, в связи с этим кембрийские известняки, развитые широкой полосой в пределах поверхностей выравнивания Салаира и расположенные высоко над местными базисами эрозии, подверглись сильному закарстованию. Наоборот, девонские известняки, приуроченные к подошве уступа Салаира и областям гривно-долинного ландшафта Кузбасса, закарстованы значительно слабее, чем кембрийские породы.

Мощный рыхлый покров на известняках препятствует развитию карста, что является общеизвестным фактом. Он предохраняет известняки от доступа поверхностных вод. Дополнительных факторов (структура пород, угол их падения и др.), влияющих на интенсивность карстовых процессов, мы не рассматриваем за отсутствием необходимых наблюдений. Только заметим, что преобладающее крутое падение известняков района должно влиять на карстообразование отрицательно.

По интенсивности карстообразования известняки северо-восточного Салаира разделяются на две основные группы. Первая группа включает кембрийские (гавриловские и хомутиевские) известняки и вторая охватывает силурийские и девонские известняки. В чистых кембрийских известняках, распространенных на огромной площади Салаирской возвышенности, наиболее благоприятно сочетались факторы, способствующие карстообразованию. Поэтому они сильнее и глубже захвачены карстовыми процессами, нежели известняки второй группы, характеризующиеся различной степенью битуминозности. Правда, среди девонских известняков резко выделяются среднедевонские известняки, которые в районе разъезда Артышта обладают высокой степенью закарстованности, что доказано наличием в них большого количества карстовых форм и крупных по дебиту источников. Данное явление нужно объяснить сильной тектонической нарушенностью известняков указанного района, находящихся в зоне поперечных и продольных разломов, способствующих интенсивному карстообразованию.

Гидрогеологические особенности карста.

Общая водоносность геологических формаций северо-восточного Салаира освещена в работах А. С. Полиновского (14) и П. М. Большакова (4). Поэтому здесь мы не будем останавливаться на этом вопросе. Рассмотрим лишь гидрогеологические особенности салаирского карста, весьма слабо отраженные в литературе. Излагаемый ниже материал не претендует на исчерпывающую полноту освещения затрагиваемого вопроса и касается его только в общих чертах. Разная степень интенсивности карстообразования в известняках отразилась на гидрогеологических особенностях карста. По водообильности, как и по степени закарстованности, карбонатные породы района можно разбить на две группы. К первой группе относятся кембрийские известняки, ко второй силурийские и девонские известняки.

Кембрийские известняки.

Гавриловские известняки, сильно закарстованные и трещиноватые, представляют благоприятные условия для накопления и циркуляции трещинно-карстовых вод. В связи с этим наиболее водоносными породами района являются гавриловские известняки. Трещинно-карстовые воды образуют источники с сосредоточенным выходом и большим дебитом. Нередко такие источники дают начало ручьям и небольшим речкам. Так, ручей, протекающий в Гурьевске, левые (западные) истоки рч. Голодайки и другие образованы источниками, выходящими в поле развития закарстованных известняков, с дебитом до 36—40 л/сек. Часть источников приурочена к характерному уровню рельефа, представляющему поверхность первой террасы (№№ 29, 30, 31, 38, 39 и 130), другая часть их приурочена к различным пунктам рельефа, находящимся в пределах верховьев долин (ист. №№ 3, 84, 85 и 101) или ниже уреза воды рек. Отмеченные источники чаще имеют дериватный тип выхода. Но в генетической связи этих источников с известняками сомневаться не приходится, так как у источников или близ

их всегда обнаруживается грубообломочный материал, преимущественно состоящий из глыб известняков, или коренные выходы последних. На контакте водоносных гавриловских известняков с водоупорными сланцами или с породами, которые менее водоносны, чем гавриловские известняки (песчаники и конгломераты), создаются условия для образования источников плотинного типа. Данное положение хорошо иллюстрируется фиг. 5, где показано, что трещинно-карстовые воды, встретив на своем пути водонепроницаемый барьер из зелено-лиловых пород среднего кембрия, дают характернейший Гурьевский источник плотинного типа.

Неоднородная закарстованность гавриловских известняков накладывает отпечаток на их водообильность. Источники №№ 84 и 85 с суммарным дебитом 40 л/сек приурочены к сильно закарстованным известнякам Ариничевского рудника. Другая часть известняков, в меньшей мере пораженная карстовыми процессами, обладает несколько пониженной водоносностью. Так, в известняках около с. Гавриловского выходят 5 источников с сосредоточенным выходом, но уже пониженным дебитом, определяющимся величиной до 6,23 л/сек (ист. № 30). Наконец, гематитизированные и окварцованные известняки, не имеющие карстовых полостей, проявляют слабую водоносность, образуя источники с небольшим дебитом, который не превышает 0,3 л/сек (ист. № 21). Высокая степень водоносности закарстованных известняков доказана проходкой ствола шахты 2-бис Урского прииска Запсибзолота¹⁾. При вскрытии шахтой галечника встретились грунтовые воды с уровнем 8 м от дневной поверхности. В процессе проходки галечника приток воды достигал 8,3 л/сек. После вскрытия известняков с полными карстовыми каналами приток воды возрос до 54,4 л/сек, вызывая трудности в проведении горных работ. Величина притока 54,4 л/сек получена при понижении уровня воды на 15 м. Верхнекембрийские хомутинские известняки, которые по литологическому строению и закарстованности аналогичны гавриловским известнякам, содержат трещинно-карстовые воды, обнаруженные в двух колодцах, заложенных в д. Горскиной, с глубиной до уровня воды 3,75—4 м.

Силурийские и девонские известняки.

Верхнесилурийские ариничевские и пестеревские известняки кобленцкого яруса, в значительной мере битуминозные и слабо закарстованные, не проявили заметной водоносности. В данных известняках, повидимому, преобладают трещинные воды, которые, дренируясь рч. Уром и логами, не дают сколько-либо заметных источников. Крековские известняки жединского яруса и особенно среднедевонские известняки (салаирские и карачкинские), захваченные карстовыми процессами, характеризуются сравнительно повышенной водоносностью. В пределах распространения крековских известняков удалось зафиксировать несколько источников. С небольшим дебитом источники обнаружены в подошве левого коренного берега рч. Салаирки и по левобережью рч. Ч. Бачат у Крековской мельницы. Помимо того, на правом берегу рч. Ч. Бачат, в 40 м выше мостика, перекинутого через речку у Гурьевской молочной фермы, в щебне крековских известняков зафиксирован сосредоточенный выход источника с дебитом 0,3 л/сек.

Среднедевонские салаиркинские известняки обладают более высокой водоносностью. В них встречены коренные и дериватные источники. Коренные сосредоточенные источники №№ 11 и 12 приурочены к серым комковатым известнякам с карстовыми формами, которые в виде воронок обнаружены по левобережью рч. Салаирки в окрестностях д. Салаирки. Из

¹⁾ Сечение ствола шахты 3,8×3,5 м.

них источник № 12 имеет дебит 1,5 л/сек (6/VIII—36 г.). Карачкинские известняки в большинстве случаев не отличаются по водоносности от салаиркинских известняков. Исключительно высокая водоносность среднекембрийских известняков выявлена С. Г. Бейромом (2) и нами по рч. рч. Баскусану и Кара-Чумышу. Здесь к сильно закарстованным известнякам приурочены источники с дебитом 20—25 л/сек, нередко дающие начало ручьям и небольшим речкам.

Общий облик подземной гидрографии карста в известняках района носит примерно однообразный характер. В известняках первой и второй группы не наблюдали общего (связанного) зеркала подземных вод большой протяженности. Выхода подземных вод (источники), зафиксированные на различных гипсометрических отметках, скорее свидетельствуют об отсутствии связанного зеркала подземных вод и указывают на существование нескольких этажей циркуляции вод, которые могут и не сообщаться друг с другом. Наиболее выдержанный этаж циркуляции подземных вод расположен выше поверхности первой террасы рек района. У этого этажа имеется более или менее связанное зеркало трещинно-карстовых вод, которые, дренируясь гидрографической сетью, образуют источники на уровне поверхности первой террасы (источники №№ 11, 12, 29, 130 и др.). В отдельных участках уровень карстовых вод не совпадает с горизонтом воды рек (р. Копанец и др.). На Карачкинском месторождении известняков уровень карстовых вод залегает на 27,6 м ниже горизонта воды рч. Ч. Бачат.

Режим карстовых вод слабо изучен. Проведенные гидрометрические наблюдения показывают, что водообильность их значительно зависит от метеорологических условий. Степень этой зависимости осложняется геологической и топографической обстановкой, в которых образуются карстовые воды. Дебит крупных источников, приуроченных к кембрийским известнякам (ист. №№ 3 и 130), испытывает плавное колебание по сезонам года.

Салаирский источник (ист. № 130) весной и в дождливые периоды имеет дебит 15—16 л/сек, который в засуху и зимнее время понижается до 7—8 л/сек, т. е. отношение максимума к минимуму составляет 2:1. По отрывочным наблюдениям дебит Гурьевского источника за отмеченные периоды варьирует в пределах от 28 до 40 л/сек, редко достигая 70 л/сек. Данная амплитуда колебания дебита источников показывает на сравнительно нерезкое изменение водообильности трещинно-карстовых вод от сезона года. Объяснение этому явлению дает изучение геологического строения в области питания вод. В пределах последней известняки и карстовые формы перекрыты чехлом рыхлых отложений, которые препятствуют быстрому просачиванию поверхностных вод в глубину, чем и регулируется пополнение запасов трещинно-карстовых вод. Более резкие колебания водообильности карстовых вод происходят на участках распространения обнаженных известняков или на участках, где имеются открытые провальные воронки. В этом случае поступление атмосферных осадков и поверхностных вод в глубину совершается быстро, в результате чего резко поднимаются как уровень подземных вод, так и дебит источников. Так, например, С. Г. Бейром (2) указывает, что дебит некоторых источников девонских известняков колебался в значительных пределах, варьируя от долей литра в секунду в сухое время года до 8,6 л/сек в дождливый период, что характерно для источников, обладающих небольшим дебитом. Крупные по дебиту источники девонских вод, как Артыштинский, расположенный в верховьях Баскусана, менее резко меняют свой дебит по сезонам года. Артыштинский источник в дождливое лето 1939 г. имел расход 25—30 л/сек, который в январе 1940 г. опустился до 15—18 л/сек. Анализируя отмеченные данные, следует подчеркнуть, что режим вод закрытого карста Салаира резко отличается от режима вод

классических областей открытого (средиземноморского и крымского) карста. Если у Аянского источника, находящегося в области Горного Крыма, в зависимости от сезона отношение максимального дебита к минимальному составляет 600:1, то у Гурьевского источника на Салаире это соотношение не превышает 3:1.

В качественном отношении карстовые воды северо-восточного Салаира характеризуются невысокой минерализацией (см. таблицу 2)

Результаты химического анализа карстовых вод

Таблица 2.

№№ п/п	Характеристики вод	Место взятия пробы				Шахта 2-бис
		Источники				
		Гурьевский	Салаирский	№ 12	Аргыштин.	
1	Дата взятия пробы	25/IX—36 г.	25/IX—36 г.	23/VII—36 г.	10/IX—39 г.	15/IX 36 г.
II	Содержание в миллиграммах на литр					
	1. Сухой остаток.	260	220	234,14	359,2	300,0
	2. SiO ₂	9,6	5,2	8,4	—	12,6
	3. R ₂ O ₃	1,2	1,2	1,6	—	3,6
	4. Са	70,33	80,75	69,74	123	87,75
	5. Mg	11,13	5,87	0,79	—	14,17
	6. Щелочи на Na	8,74	0,92	16,79	—	8,05
	7. SO ₄	нет	следы	12,3	нет	52,63
	8. Cl	нет	следы	2,71	нет	нет
	9. HCO ₃	292,8	276,8	257,98	—	317,2
	10. Окисляемость на O ₂	2,7	2,4	2,56	0,15	2,7
	11. Жесткость общая в нем. град.	12,13	12,65	10,55	16,8	15,57
	12. Жесткость карбонат.	8,9	8,96	10,55	12,6	8,9
	13. Жесткость постоянная	3,23	3,69	нет	4,2	6,67
III	Аналитик	Лаборат.	Зап. Сиб.	геол. треста	Лабор. Сиб. транспроект.	Лабор. ЗСГТ

Воды кембрийских известняков имеют сухой (плотный) остаток до 260 мг/л и общую жесткость 12,13—12,65 нем. град. Лишь в шахте 2-бис, где частично создавалась искусственная минерализация, сухой остаток воды 300 мг/л и жесткость общая 15,57 нем. град. Общая жесткость, обусловленная большим содержанием ионов кальция и магния, складывается из карбонатной и постоянной жесткости, причем преобладает первая. Анионы сильных кислот (SO₄ и Cl) в воде отсутствуют или содержатся в незначительных величинах за счет искусственного загрязнения (шахта 2-бис). По данным химических анализов воды известняков вполне пригодны для питьевых и технических целей. Температура воды находится в пределах 4—8°C. Воды среднедевонских известняков, опробованные в недостаточной мере, характеризуются содержанием сухого остатка 234,14—359,2 и повышенной общей жесткостью, которая достигает 16,8 и более нем. градусов, что обуславливает недостаточную пригодность этих вод для технических целей. На высокой водообильности кембрийских известняков и высоком качестве карстовых вод базируется полное водоснабжение Салаирских рудников (ист. № 130) и питьевое водоснабжение рабочего поселка г. Гурьевска (ист. № 3). Для питьевых целей с успехом могут быть использованы воды крупных по дебиту девонских источников, приуроченных к рч.рч. Баскукану и Кара-Чумышу.

Кроме того, нельзя не коснуться вредной стороны закарстованности и высокой водообильности известняков в двух практических вопросах.

Во-первых, эксплуатация полезных ископаемых района (полиметаллы, золото и др.) нередко затрудняется значительным притоком карстовых вод в горные выработки, что было показано на примере шахты 2-бис Урского прииска. Особенно актуальным является вопрос о количестве притока воды в горные выработки на глубоких горизонтах Салаирского рудника, залегающих близ массива закарстованных пород. Ответ на этот вопрос до сих пор не дан, так как специальных гидрогеологических работ для определения притока воды не ставилось. Во-вторых, наличие полых карстовых форм в породах может вызвать затруднения при железнодорожном строительстве по линии трассы Алтайская-Кузбасс, проходящей в области девонских закарстованных известняков. Следовательно, проблема изучения салаирского карста приобретает весьма большое практическое значение и является одной из актуальных проблем гидрогеологических и инженерно-геологических исследований в районе. В свете поставленных задач дальнейшие исследования следует направить по линии уточнения глубины проникновения подземного карста, объема и характера пустот в известняках и режима карстовых вод. В связи с этим комплекс исследований в районе должен включать: детальную инженерно-геологическую съемку крупного масштаба (от 1:5000 до 1:50000), геолого-разведочные и геофизические работы.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Салаирский карст следует отнести к закрытому или среднеевропейскому типу карстовых областей. Карст закрыт как рыхлыми, так и коренными некарбонатными породами.

2. К морфологическим формам карста района относятся: воронки, котловины, пещеры, сухие (мертвые) долины и суходолы. Наземные формы карста тесно связаны с подземным (глубинным) карстом. Формы глубинного карста выражены пещерами, каналами и щелями, которые погружаются вглубь известняков, являясь частично заполненными красноземными продуктами выветривания и обломками коренных пород. Глубинный карст в отдельных участках может быть развит на 80—90 м ниже горизонта воды в речках района.

3. Процессы карстообразования, захватившие почти все известняки Салаира, характеризуются различной степенью интенсивности. По интенсивности карстообразования известняки района разделяются на две основные группы. Первая группа включает кембрийские известняки, вторая охватывает силурийские и девонские. В чистых кембрийских известняках наиболее благоприятно сочетались факторы, способствующие карстообразованию. Поэтому они сильнее и глубже захвачены карстом, нежели известняки второй группы. Правда, в некоторых участках сильно закарстованными являются также и девонские известняки, разбитые большим количеством поперечных и продольных тектонических трещин.

4. Разная степень интенсивности карстообразования в известняках отразилась на гидрогеологических особенностях карста. Кембрийские известняки, сильно захваченные карстом, обладают повышенной водообильностью, образуя частые выходы источников с дебитом до 36—40 л/сек, тогда как силурийские и девонские известняки менее водоносны. Лишь девонские известняки в районе рч.рч. Баскускана и Кара-Чумыша проявляют высокую водоносность, где дебит источников достигает до 25 л/сек.

5. Общий облик подземной гидрографии карста носит примерно однообразный характер. В известняках первой и второй группы мы не наблюдали общего (связанного) зеркала подземных вод большой протяженности. Источники, зафиксированные на различных гипсометрических отметках, скорее свидетельствуют об отсутствии связанного зеркала подземных вод

в известняках и указывают на существование нескольких этажей циркуляции вод, которые могут и не сообщаться друг с другом. Наиболее выдержанный этаж циркуляции подземных вод расположен выше поверхности первой террасы рек района. У этого этажа имеется более или менее связанное зеркало трещинно-карстовых вод, которые, дренируясь гидрографической сетью, образуют источники на уровне поверхности первой террасы. В отдельных участках уровень карстовых вод не совпадает с горизонтом воды рек (рч. Копанец и др.).

6. Режим вод закрытого карста Салаира резко отличается от режима вод классических областей открытого (средиземноморского и крымского) карста. Если у Аянского источника (Горный Крым) в зависимости от сезона года отношение максимального дебита к минимальному составляет 600:1, то у Гурьевского источника на Салаире это соотношение не превышает 3:1.

7. В качественном отношении карстовые воды района характеризуются невысокой минерализацией. Воды кембрийских известняков, имея сухой остаток 220—300 мг/л и общую жесткость 12,13—12,65 нем. град., вполне пригодны для питьевых и технических целей. Воды девонских известняков имеют общую жесткость до 16,8 и более нем. град., в связи с чем они недостаточно пригодны для технических целей. На высокой водоносности кембрийских известняков и хорошем качестве карстовых вод базируется полное водоснабжение Салаирских рудников и питьевое водоснабжение рабочего поселка г. Гурьевска.

8. Закарстованность и высокая водообильность известняков сказывается в отрицательном смысле при разрешении ряда практических вопросов. Во первых, эксплуатация полезных ископаемых района нередко затрудняется значительным притоком карстовых вод в горные выработки. Особенно актуальным является вопрос о количестве притока воды в горные выработки на глубоких горизонтах Салаирского рудника, залегающих близ массива закарстованных пород. Ответ на этот вопрос до сих пор не дан, так как специальных гидрогеологических работ для определения притока воды не ставилось. Во-вторых, наличие полых карстовых форм в породах может вызвать затруднения при железнодорожном строительстве по линии трассы Алтайская-Кузбасс, проходящей в области девонских закарстованных известняков. Следовательно, проблема изучения салаирского карста представляет не только научный интерес, но также приобретает весьма большое практическое значение и является одной из актуальнейших проблем инженерно-геологических и гидрогеологических исследований в районе. В свете поставленных задач дальнейшие исследования следует направить по линии уточнения глубины проникновения подземного карста, объема и характера пустот и режима карстовых вод. В комплекс исследований карста района необходимо включить: детальную инженерно-геологическую съемку крупного масштаба (от 1:5000 до 1:50000) геолого-разведочные и геофизические работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Барков, А. С.—Изучение карста на Самарской луке применительно к разрешению проблемы Волгострой. Первый Всесоюзный гидрогеологический съезд. Сборник третий, 1933.
2. Бейром, С. Г. и Митгарц, Л. Б.—Предварительный отчет по гидрогеологической съемке в планшетах № 45—65—АБГ. Фондовый отдел ЗСГТ, рукопись, 1932.
3. Большаков, Н. М.—Карст северо-восточного Салаира. Вестник ЗСГТ, № 1, 1938.
4. Он же—Подземные воды северо-восточного Салаира. Вестник ЗСГТ, № 2, 1938.
5. Буткевич, Е. В.—Отчет Гурьевской геолого-разведочной партии. Сталинский металлургический комбинат, рукопись, 1935.
6. Вологдин, А. Г. и Предтеченский А. А.—Отчет о работе Урско-Салаирской партии 1934 г. Цигри, рукопись, 1935.
7. Ермолаев, С. С. и Попов Г. Г.—Материалы по изучению Салаирских бокситов. Фондовый отдел ЗСГТ, рукопись, 1936.
8. K a t z e r, F.—Karst und Karst hydrographie. Sarajevo, 1909.

9. Крубер, А. А.—Карстовая область Горного Крыма. Землеведение, кн. 1—2, прил., 1915.
10. Кузьмин, А. М. и Христофоров А. В.—Карачкинское месторождение известняков Гурьевского района. Сталинск, рукопись, 1935.
11. Лазуткин, П. С., Наливкин Д. В., Ржононицкая М. А. и Яворский В. И.—Девон Салаира. Проблема Советской геологии, № 8, 1936.
12. Лопушинский П. М.—Геолого-промышленный очерк участка Салаирских полиметаллических месторождений. ГРБ Салаирских рудников, рукопись, 1936.
13. Нуднер, В. А.—Объяснительная записка к топографической карте Баскусканского месторождения известняков. Фонд. отд. ЗСГУ, рукопись, 1936.
14. Полиновский, А. С.—Подземные воды района Салаирских рудников. Вестник ЗСГТ, № 2, 1935.
15. Радугин, В. К.—Геологический очерк Томь-Чумышского района Салаирского края. Известия Сиб. отд. Геол. ком., том VII, вып. 5, 1927.
16. Sauicki, L.—Ein Beitrag zum geographischen Zyklus im Karst. Geographische Zeitschrift, 1909.
17. Сперанский, Б. Ф.—Об условиях золотоносности Салаирского края. Вестник ЗСГРТ, вып. 6, 1933.
18. Он же и Винкман М. К.—К геологии СВ окраины Салаирского края. Фонд. отд. ЗСГТ, рукопись, 1935.
19. Тебенков, В. П.—Некоторые данные о карстовых явлениях в Кизеловском каменноугольном районе. Материалы карстовой конференции, Главуголь, 1935.
20. Тихомиров, К. К.—Значение карста в гидрогеологии. Первый Всесоюзный гидрог. съезд. Сборник 7, 1933.
21. Толстихина, М. М.—Подземные воды и карстовые явления в центральной части Уфимского плато. Изв. ВГРО, 21, вып. 92, 1932.
22. Усов, М. А.—Формации полезных ископаемых Салаира. Вестник ЗСГТ, № 4, 1933.
23. Он же—Элементы геоморфологии и геологии рыхлых отложений. Изд. ЗСГТ, 1934.
24. Он же—Фазы и циклы тектогенеза Зап. Сиб. края. Изд. ЗСГТ, 1936.
25. Эйно, О. Л.—Материалы по гидрогеологии и карстовым явлениям в южной части Кизеловского района на Урале. ОНГИ, 1936.
26. Юрмазов, А. С.—К перспективам развития добычи золота в Салаирском крае. Вестник ЗСГРТ, вып. 6, 1933.
27. Яворский, В. И.—Девон юго-западной окраины Кузнецкого бассейна, ГОНТИ, 1938.
28. Яцук, В. И. и Заблоцкая, М. А.—Отчет о разведочных работах на втором Баскусканском месторождении известняков 1936 г. Фонд. отд. ЗСГТ, рукопись, 1937.