

**К. А. Горбунова**

**Особенности  
гипсового  
карста**

● ПЕРМСКОЕ КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ● 1965 ●

ИНСТИТУТ КАРСТОВЕДЕНИЯ И  
СПЕЛЕОЛОГИИ  
ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА  
им. А. М. ГОРЬКОГО  
УРАЛЬСКОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

**К. А. Горбунова**

# **Особенности гипсового карста**

Путеводитель по Кишертско-  
Суксунскому карстовому району

ПЕРМЬ – 1965

# Труды Всесоюзного совещания по методике изучения карста

Карст карбонатных отложений изучен сравнительно хорошо. Имеется много работ и монографий по карсту Крыма и других районов СССР. Менее освещен в литературе гипсовый карст.

Кафедра динамической геологии и гидрогеологии Пермского государственного университета имени А. М. Горького с 1943 г. изучает Кишертско-Суксунский район гипсового и в меньшей степени карбонатного карста, расположенный в Уфимско-Соликамской карстовой области Предуральской провинции. С 1954 г. в этом районе работают гидрогеологическая и карстово-гидрогеологическая экспедиции, основной задачей которых было выявление особенностей гипсового карста.

Межведомственная карстовая комиссия приняла решение провести в июне 1964 г. в Перми Всесоюзное совещание по методике изучения карста. Указанный район был избран как объект одной из экскурсий совещания.

Публикация характеристики этого детально изученного района дает возможность специалистам-карстооведам лучше ознакомиться с особенностями гипсового карста. Работа является примером всестороннего комплексного исследования карстового района.

Настоящая работа также может быть использована как учебное пособие при проведении летней практики по геологии студентов Пермского государственного университета и Пермского политехнического института. Она поможет и туристам, изучающим родной край.

Профессор *Г. А. Максимович*

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ

Кишертско-Суксунский район находится на юго-востоке Пермской области в бассейне среднего течения р. Сылвы. Площадь его около 500 км<sup>2</sup>. Наиболее крупными населенными пунктами этого района являются поселок Суксун, села Березовка, Усть-Кишерт, Б. Ключи; из других населенных пунктов можно отметить села Седа, Советная, Брехово и деревни Карнаухово, Низкое, Мазуевка (рис. 1). По району проходят железная дорога Пермь – Свердловск и Сибирский тракт. Основная часть населения занимается сельским хозяйством; промышленные предприятия имеются в пос. Суксун. Суксунский железодобывающий завод основан в 1729 г. Акинфием Демидовым. До 1848 г. он находился во владении его потомков, а затем вместе с другими заводами горного округа был передан товариществу Суксунских заводов. Позднее Суксунский завод перешел во владение братьев Каменских. В настоящее время – это крупное промышленное предприятие с оптико-механическим производством.

Широко известен курорт Ключи (с. Б. Ключи), расположенный в живописной местности. Основные лечебные факторы курорта – минеральные сероводородные воды. Для лечебных целей используются также медицинские грязи Суксунского пруда, добываемые у д. Киселево (Г. А. Максимович, Н. М. Чистяков, 1957).

Климат этого района континентальный. Годовая амплитуда температур воздуха достигает 33,8°, а коэффициент континентальности равен 4,2. Среднегодовая температура для Кунгура, по данным А. С. Шкляева и В. А. Балкова (1963), составляет 1,4°.

Годовая сумма осадков за 1936–1950 гг. колебалась от 304 до 609 мм. Большая часть осадков выпадает в теплое время года.

Около 30–50 % площади района покрыто лесами. Из деревьев преобладают пихта, ель и сосна; лесные пространства чередуются с полянами.

По Н. Я. Коротаеву (1962), на большей части района распространены темно-серые, среднеподзолистые, суглинистые и перегнойно-карбонатные почвы, а в долинах рек дерновые, дерноволуговые и дерново-оподзоленные почвы. А. М. Кропачев (1958) отмечает, что почвообразующие карбонатные отложения отличаются повышенным содержанием бора, марганца и других микроэлементов.

Первые исследования карста и подземных вод этого района относятся к началу XVIII в. В 1703 г. верхотурский воевода Калитин открыл минеральные источники у с. Ключи (Россия, 1914).

Дальнейшее изучение района связано с деятельностью В. Н. Татишева и В. И. Геннина. В. И. Геннин при описании уральских заводов отмечает «реки Кишертъ и Мазуевку, текущие местами под землей» (В. И. Геннин, 1937).

Академик И. И. Лепехин (1772) описал сероводородные источники у с. Б. Ключи: «Село Ключи прозвано по множеству ключей, вытекающих из увала, на котором оно построено, которые в разные соединяются ключики, все впадают в мимотекущую реку, Иргина прозываемую, впадающую в р. Сылву... Река Иргина от втекающих ключей разделенная на разные протоки, представляет острова и служит к заведению на малом пространстве многих мельниц...



Рис. 1. Обзорная схема района.

Верстах в трех от сего села находится круглый и лесистый увал, из-под которого бьет быстрый ключ, выносящий с собою серную материю. Сера от быстрины воды особливую составляет пену, которая к берегам прилипнув, придерживается. Ее столь много накапливается, что все жители обширного села Ключей и их соседи ею с избытком пользуются. Сера так чиста, что нет в ней никакого примесу, и она без всяких приуготовлений на серение спиц пригодна. Гора состоит из серого дикого камня...»

И. П. Фальк во время путешествия посетил Кунгурскую пещеру, отметил соленые ключи на р. Барде и около д. Красный Яр. И. Г. Георги, возвращаясь из Сибири летом 1773 г.,

около с. Б. Ключи осмотрел ключ, «выносящий серную материю». Об этом ключе говорили академику П. С. Палласу крестьяне в конце зимы 1773 г., когда он, возвращаясь из Сибири, проезжал южнее этих мест. Академик И. Ф. Герман в 1792 г., наблюдая серный ключ около с. Б. Ключи, отметил, что он стал маловоднее, чем двадцать лет назад (К. А. Горбунова, 1961).

Н. С. Попов (1804) приводит данные о провалах «по известковым горам в Кунгурском, Красноуфимском и Осинском уездах». На стр. 83–84 автор упоминает подземные речки. К ним относятся и некоторые притоки р. Иргины. В разделе «О любопытных ключах» мы узнаем о весьма сильных ключах, вытекающих «стремительно из отверстия». Интересны данные о «камнетворных ключах», таких, как ключ Плакун, мох, сучья и листья вокруг которого были покрыты известью.

А. А. Штукенберг (1898) в описании 127-го листа геологической карты России упоминает карст в окрестностях с. Усть-Кишерть, горы Ильинской, на водоразделе рек Сылвы и Шаквы.

Н. Г. Бессонов в 1891–1892 гг. опубликовал работу о месторождениях огнеупорной глины и каменного угля по р. Иргине.

В 1915 г. появилась работа В. Агрова, в которой описаны минеральные воды курорта Ключи. В. А. Варсанюфьева и Е. Д. Сошкина (1917) изучали огнеупорные глины, приуроченные к древним карстовым понижениям. В 1915–1927 гг. появляется ряд работ В. А. Варсанюфьевой (1915, 1927), посвященных геологии, карсту и огнеупорным глинам северной части Уфимского плато.

В 1926 г. была опубликована работа Г. Н. Фредерикса «Древние речные долины в Красноуфимско-Кунгурском крае». Летом 1930 г. в районе с. Усть-Кишерть и пос. Суксун была проведена геологическая съемка под руководством М. В. Круглова (1933). В опубликованной им работе охарактеризованы геологические условия, полезные ископаемые, карст и подземные воды данного района. В 1932 г. в районе курорта Ключи работала гидрогеологическая партия под руководством А. И. Силина-Бекчурина (1949). В 1934–1935 гг. карст Кунгурского, Суксунского и других районов изучала инженерногеологическая группа под руководством И. М. Переслегина. М. М. Толстихина (1932, 1937) опубликовала ряд работ, посвященных геологии, подземным водам и карсту Уфимского плато. В 1940 г. геологию и карст Кунгурского и Кишертского районов изучал студент Пермского университета Г. П. Калинин.

Начиная с 1946 г. кафедра динамической геологии и гидрогеологии Пермского университета исследует геоморфологию,

карст и подземные воды в районе с. Усть-Кишерть (К. А. Горбунова, 1956, 1957; Г. А. Максимович, К. А. Горбунова, 1952, 1958, 1960; Г. А. Максимович, 1956).

После возникновения карстового провала в с. Усть-Кишерть в 1949 г. Кишертьская партия Уральской гидрогеологической экспедиции под руководством Н. Д. Буданова провела здесь буровые и гидрогеологические работы. Б. И. Грайфер и Р. А. Зуева в 1954 г. в своем отчете «Геологическое строение бассейна верхнего и среднего течения р. Сылвы» значительное место отвели карсту.

В 1952 г. Пермское областное управление сельского хозяйства обратилось на кафедру динамической геологии и гидрогеологии Пермского государственного университета с просьбой изучить подземные воды сельскохозяйственных районов ю.-в. области. В 1953 г. кафедра организовала для этой цели гидрогеологическую экспедицию под руководством профессора Г. А. Максимовича. С 1954 г. полевые работы велись в содружестве с гидрогеологической партией Уральского геологического управления, а затем гидрогеологической партией. Результаты этих исследований обобщены в ряде работ (Л. А. Шимановский, 1958, 1961; И. А. Шимановская и Л. А. Шимановский, 1956; Г. А. Максимович и Л. А. Шимановский, 1956). Данные о содержании бора и стронция в водах Предуралья приведены в работе А. М. Кропачева (1958).

На территории района работают геологические партии Пермского геологоразведочного треста. Карст восточной части Уфимского плато изучают также сотрудники Кунгурского стационара Уральского филиала АН СССР (А. В. Турьшев, 1960, 1962; В. С. Лукин, 1964).

В 1957 г. кафедра динамической геологии и гидрогеологии организовала карстово-гидрогеологическую экспедицию, которая в летний период обследовала 55 водопунктов и 300 карстовых форм в районе с. Усть-Кишерть, с. Седа, д. Бурцево, д. Дремино. Отобрано 54 пробы воды на химический анализ. Произведены рекогносцировочные маршруты в пределах Кишертьско-Суксунского карстового района.

Летом 1958 г. исследованиями была охвачена площадь в 360 км<sup>2</sup>, описано и задокументировано 649 водопунктов, 38 карстовых озер, 600 карстовых воронок, произведено 25 замеров расходов рек, отобрано 980 проб воды на химический анализ. В работах активное участие принимали Л. Н. Усольцев, Е. А. Иконников, Ю. Н. Юшков, Г. С. Польшалова, А. М. Оскотский, В. П. Костарев.

В июле 1958 г. Л. Н. Усольцев и Е. А. Иконников вели карстово-гидрогеологическую съемку масштаба 1:10 000 в районе пос. Суксун, сел Советная, В. Суксун. В августе этого же года



Л. Н. Усольцев и Ю. Н. Юшков обследовали район с. Б. Ключи.

В летний период 1959 г. была произведена детальная карстово-гидрогеологическая съемка районов с. Березовка, деревень Красный Яр, Шумково и других, а также рек Барды, Лека и Таза; отобрано 650 проб воды на химический анализ. Химические анализы произведены полевой гидрохимической лабораторией системы Резникова химиками Т. В. Кирилловых, С. Ф. Кудряшевым, В. Н. Логуновым, Ю. М. Хлопотовой и Л. А. Степановой. Работами руководил профессор Г. А. Максимович. Результаты исследований отражены в ряде статей, в том числе и автора, принимавшего непосредственное участие в полевых и камеральных работах. Настоящая работа написана в основном по материалам экспедиций кафедры динамической геологии и гидрогеологии Пермского государственного университета имени А. М. Горького.

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА

Кишертско-Суксунский карстовый район расположен на границе Уфимского вала и Уфимско-Соликамской впадины. Он сложен породами артинского, кунгурского и частично уфимского ярусов пермской системы и мезокайнозойскими образованиями.

Породы артинского и нижней части кунгурского ярусов выходят на поверхность в пределах Уфимского вала; восточное крыло его сложено кунгурскими отложениями. Третичные образования залегают в древних карстовых впадинах на водоразделах, а четвертичные – в долинах рек и в виде покровных отложений на водоразделах и склонах.

Артинский ярус в нижней части представлен иргинскими слоистыми, слегка глинистыми, кремневыми известняками с богатой фауной. Выше они переходят в камайские кремневые известняки. Выходы этих пород имеются в устье Большого лога у с. Б. Ключи, в основании склонов долины р. Кишертки в 1 км выше д. Низкое, на правом склоне р. Сылвы против горы Лопата и в 100 м ниже д. Грибушино, а также в виде высыпок почти на всем протяжении р. Иргины. Мощность камайских известняков изменяется от 40 до 80 м. К востоку от Уфимского вала они переходят в дивью свиту мергелей (рис. 2).

На иргинских известняках залегают саргинские рифы конусовидной формы мощностью до 100–150 м. Они распространены вдоль восточного крыла Уфимского вала и обнажены на горе Ильинской в с. Б. Ключи, на горе Куликовой и горе Опалихиной к ю.-з. от пос. Суксун. К ним относятся гора

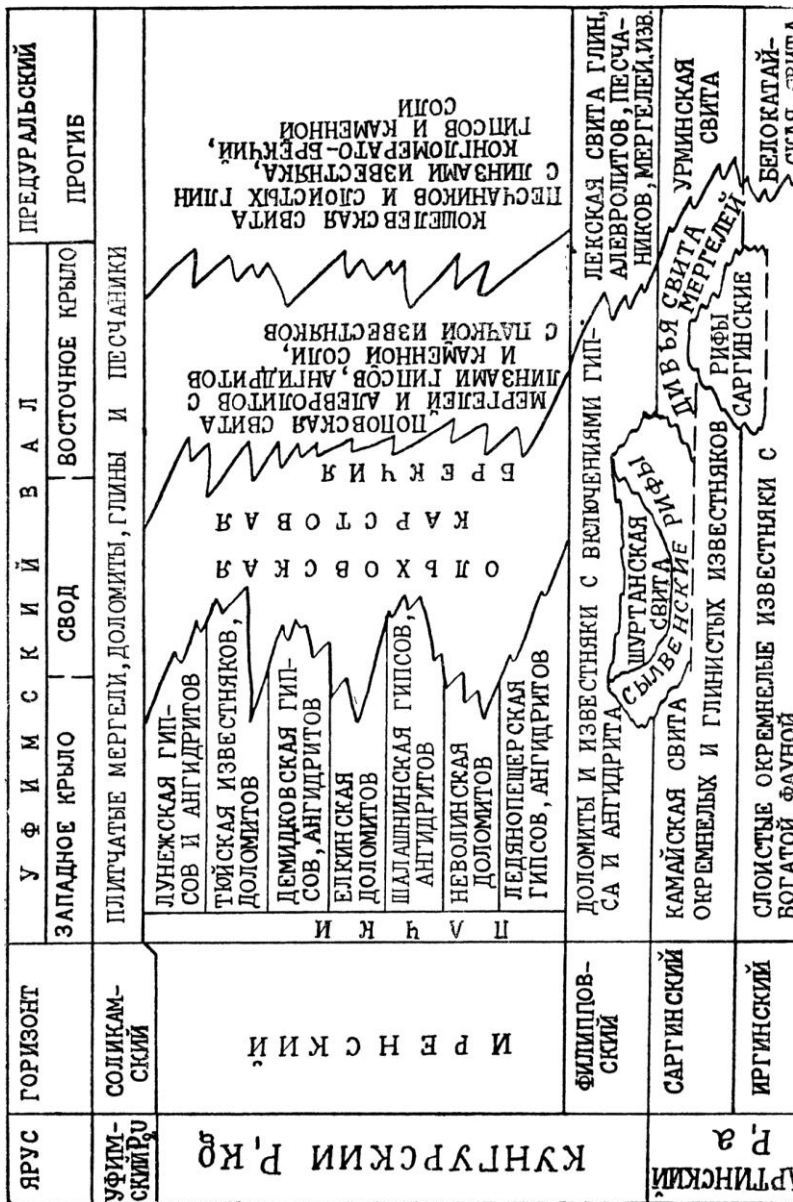


Рис. 2. Схема сопоставления пермских отложений по данным геологов Пермнефтегазведки.

Кленовая, камни Лобач и Камешок на р. Сылве северо-восточнее с. Усть-Кишерть. Некоторые рифы достигают больших размеров, гора Кленовая, например, имеет основание 1,5 на 1,5 км.

Центральные части рифов сложены светло-серыми известняками, переполненными мшанками и брахиоподами. Часто встречаются членики криноидей, пелециподы и одиночные кораллы. Характерно широкое развитие инкрустационной структуры и неравномерное распространение фауны. По направлению к краям рифов общее количество фауны убывает, известняки становятся более глинистыми. Процессы доломитизации и выщелачивания местами изменили первоначальный облик саргинских рифов, особенно мелких массивов. Здесь почти вся фауна бывает выщелочена, а оставшиеся после нее пустоты деформированы при перекристаллизации (В. Д. Наливкин, 1949).

Наиболее молодыми являются сылвенские рифы как конусовидной, так и пластообразной формы. Собственно сылвенские рифы (В. Д. Наливкин, 1949) выросли на известняках камайской свиты. Они выходят по берегам р. Сылвы между селами Филипповка и Усть-Кишерть, в обнажениях и карьерах у д. Мижучево, по р. Кишертке выше д. Низкое, на левобережье р. Иргины севернее устья Большого лога в с. Б. Ключи, до пос. Суксун и далее до д. Дикое Озеро. По р. Сылве мощность их достигает 50–60 м, а поперечник основания–100–150 м. Во многих случаях породообразователем являются известковые водоросли. Они представляют собой изогнутые, иногда ветвящиеся трубочки, диаметр которых обычно равен 2 мм, но иногда достигает 5 мм. Центральный канал очень тонкий и измеряется долями миллиметра. Изредка можно видеть, что они обрастают обломки мшанок и другой фауны. Помимо водорослей, встречаются мшанки, брахиоподы, членики криноидей, одиночные кораллы, гастроподы, мелкие фораминиферы, иглы и таблички морских ежей, сферические и строматопоровидные водоросли. Фауна распределена неравномерно.

Сылвенские рифы облекаются и переходят по простиранию в слоистые и глинистые известняки шуртанской свиты, в которых известковые водоросли отсутствуют. Фауна их имеет угнетенный характер.

Кунгурский ярус подразделяется на филипповский и иренский горизонты (И. Х. Абрикосов, 1963). П. А. Софроницкий и В. П. Золотова (1957) для филипповского горизонта выделяют 4 типа разреза.

Карбонатный тип разреза слагается желтовато-серыми, пелитоморфными доломитами, участками оолитовыми, и в меньшей степени доломитизированными известняками с включениями

гипса и ангидрита. Он распространен на Уфимском вале несколько западнее линии Усть-Кишерть – Суксун. На восток эти отложения погружаются и замещаются карбонатно-сульфатными, представленными голубовато-серыми ангидритами с пачками доломитов и известняков. Восточная граница их распространения проходит немного восточнее с. Березовка и далее идет на юг почти по меридиональному отрезку р. Сылвы. Карбонатно-сульфатно-глинистый и конгломерато-песчаниковый типы разрезов вскрыты скважинами в осевой части и на восточном крыле Уфимско-Соликамской впадины. Мощность филипповского горизонта 80–90 м.

Аналогом иренского горизонта в исследуемом районе является поповская свита, впервые выделенная П. А. Софроницким. Она составляет большую часть Кишертско-Суксунского карстового района. Поповская свита представлена мергелями, доломитизированными мергелями, глинами, глинистыми известняками и песчаниками с прослоями и линзами гипсов и ангидритов. В основании ее прослеживается пачка ангидритов. Мергели темно-серые тонкоплитчатые, доломитизированные – часто толстоплитчатые. Они обнажаются в Мижуевском и Соломатовском логах в окрестностях с. Усть-Кишерть, в воронках у д. Гарино, по правобережью р. Сединки, у д. Чечуварка. Местами в них обнаружены отпечатки насекомых.

Известняки серые и светло-серые с желтоватым оттенком, плотные, крепкие, тонкоплитчатые встречаются редко. Глины светло-коричневые и желтые, плитчатые, полосчатые местами переходят в мелкозернистый песчаник.

Гипсы и ангидриты выходят на поверхность у с. Посад-Кишерть и у деревень Мазуевка и Бурцево, а также вскрыты скважинами в селах Усть-Кишерть и Советная, в д. Дикое Озеро и в других пунктах (рис. 3).

Восточнее поповская свита замещается кошелевской. По данным Б. И. Грайфера и Р. А. Зуевой, в бассейнах правых притоков Сылвы – рек Лека, Барды и Шаквы, она представлена тремя пачками. Нижняя пачка сложена песчаниками, глинами, ангидритами и каменной солью. Средняя пачка, состоящая из белых, кавернозных и перекристаллизованных известняков, сопоставляется с туюской пачкой. Верхняя пачка представлена плитчатыми мергелями, доломитами и глинами с подчиненными слоями алевролитов и песчаников.

Туюская пачка мощностью 3–7 м выделяется среди поповской и кошелевской свит. Для нее характерны белые, плотные сахаровидные и светло-желтые известняки, обычно с неправильными, вытянутыми вдоль поверхностей напластования кавернами. Местами встречаются крупнозернистые разности. Иногда содержатся линзы кремней и прожилки желтого кристаллического кальцита,

а в плотных разностях – включения волокнистого асбестоподобного минерала – полигорскита.

На рис. 3 приведены разрезы скважин, вскрывающих отложения кунгурского яруса на территории Кишертско-Суксунского карстового района.

Уфимский ярус представлен соликамским горизонтом, отложения которого сохранились только на возвышенных

участках водоразделов между уступом Уфимского плато и р. Сылвой.

Представлен он в основном песчаниками, мергелями и доломитами.

Вдоль восточного крыла Уфимского вала протягивается полоса карстовых брекчий, ширина которой местами достигает почти двух километров. Подобные брекчии занимают большие площади на западном крыле и северном погружении вала. Они были описаны Н. П. Герасимовым и Е. И. Тихвинской (1934), Н. П. Герасимовым (1947), М. Н. Вагаевым и Н. Я. Костокрызов в 1947 г., К. П. Плюсниным (1947), В. Д. Наливкиным (1949), Е. Я. Москалевой в 1952 г., Б. И. Грайфером и Р. А. Зуевой в 1954 г. и другими. Геологи-нефтяники Прикамья называют эти образования ольховской вторичной карстовой брекчией.

В. Д. Наливкин (1949) и другие указывают, что брекчии состоят из угловатых обломков различных пород величиною от 1 см до 0,5 м и более, сцементированных карбонатным и карбонатно-глинистым цементом. Обломки представлены преимущественно различными доломитами, местами с фауной брахиопод, известняками,

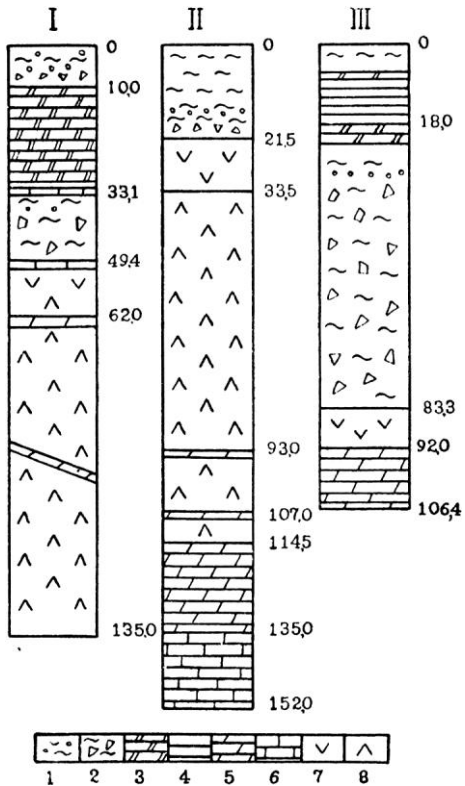


Рис. 3. Разрезы скважин, вскрывающих пермские отложения в д. Худяково (I), с. Усть-Кишерть (II), с. Посад-Кишерть (III): 1 – глина и суглинок, 2 – глина с обломками коренных пород, 3 – мергель, 4 – алевролит и аргиллит, 5 – доломит, 6 – известняк, 7 – гипс, 8 – ангидрит.

иногда окремнелыми, реже ангидритами, а восточнее р. Иргины также песчаниками и глинами. Е. Я. Москалева отмечает, что для карстовых брекчий характерно присутствие кремневой и кварцевой гальки. Автор наблюдала карстовые брекчий в долине р. Советники, по правобережью р. Иргины, а также в керне скважин у сел Советная и Усть-Кишерть. Мощность их местами достигает 45 м.

Формирование брекчий происходило длительное время и продолжается в настоящее время (К. А. Горбунова, 1960). Возраст их определяется как мезокайнозойский.

Третичные отложения встречаются в виде пятен на поверхности пермских пород. Это белые и цветные глины (В. А. Апродов, 1956; В. П. Петров, 1948), кварцевые пески и галечники, реже валуны и щебенка кремней, сливных галечников и кварцитов. Местами третичные отложения сохранились в древних карстовых впадинах (пеньковские огнеупорные глины).

Четвертичные отложения представлены несколькими генетическими типами.

1. Аллювиальные отложения русел, пойм и террас р. Сылвы и ее притоков наибольшей мощности достигают у с. Усть-Кишерть. Они представлены преимущественно песками, галечниками, суглинками.

2. Пролувиальные отложения конусов выноса оврагов состоят из неокатанного обломочного материала, а у оврагов, размывающих террасы, из галечника.

3. Озерно-болотные и торфяные образования большой мощности достигают в древних карстовых впадинах, покрытых сплавиной, и на дне крупных карстовых котловин. Торф Низковской депрессии используется как удобрение.

4. Иллювиальные отложения источников. Наиболее мощное скопление туфов (до 6 м) наблюдается у источника Плакун напротив д. Сасыково. Известковые туфы отлагаются источниками в Низковской депрессии, а также у деревень Зуево и Махали.

5. Элювиально-делювиальные отложения покрывают всю территорию, и лишь местами из-под них выступают коренные породы. Чаще всего это бурые суглинки, содержащие щебенку коренных пород.

6. Обвальное-карстовые образования в древних и современных провалах представлены обломками различных пород, которые перемешаны с глиной, песком и другими отложениями.

*Тектоника.* Кишертско-Суксунский карстовый район расположен на границе восточной окраины Русской платформы и Предуральяского прогиба, проводимой по восточному крылу Уфимского вала. Уфимский вал выделяется в приосевой части

южной вершины Пермско-Башкирского свода (П. А. Софроницкий, К. С. Шершневу, 1963). Он вытянут почти меридионально и погружается на север. Восточное крыло его является одновременно западным крылом Юрезано-Сылвенской депрессии, представляющей южную часть Уфимско-Соликамской впадины (И. Х. Абрикосов, 1963).

Восточное крыло Уфимского вала южнее р. Сылвы четко выражено в рельефе уступом, проходящим несколько западнее с. Усть-Кишерть, пос. Суксун и с. Б. Ключи. Карбонатные отложения нижней части кунгура здесь погружаются на восток и частично замещаются сульфатными. Углы падения восточного крыла вала не превышают 2–4° (рис. 4).

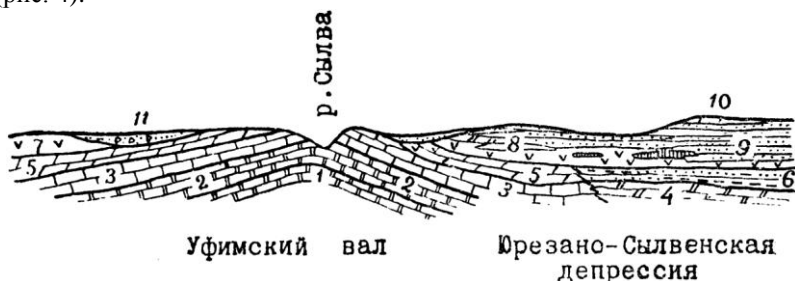


Рис. 4. Схематический геологический профиль на широте с. Усть-Кишерть по данным геологов Пермнефтегазразведки: 1 – иргинский горизонт, 2, 3 – саргинский горизонт, 4 – дивья свита, 5 – филипповский горизонт, 6 – лекская свита, 7 – иренский горизонт, 8 – поповская свита, 9 – кошелевская свита, 10 – соликамский горизонт, 11 – ольховская брекчия.

От линии Усть-Кишерть – Б. Ключи до линии, проходящей через ст. Шумково, Б. И. Грайфер и Р. А. Зуева выделяют западное крыло Юрезано-Сылвенской депрессии. Здесь на поверхность выходят породы поповской и кошелевской свит, а местами – соликамского горизонта. Оси Уфимского вала и Юрезано-Сылвенской депрессии почти параллельны. Расстояние между ними на широте с. Брехово – 10 км. Восточное крыло депрессии более пологое, чем западное.

Как Уфимский вал, так и Юрезано-Сылвенская депрессия погружаются на север. Угол наклона шарнира депрессии для подошвы кунгура составляет 10–15°, что примерно соответствует углу погружения Уфимского вала.

Многие геологи (М. М. Толстихина, 1932; М. В. Круглов, 1933 и другие) проводили по восточной окраине Уфимского вала сброс, а Г. Н. Фредерикс, Т. М. Емельянцева и И. М. Переслегин установили целую серию сбросов. Отрицательно к идее

сброса относится В. Д. Наливкин (1949). Он утверждает, что разрывы отсутствуют, а сама конфигурация восточного края Уфимского вала с рифовыми массивами, вдающимися далеко в область развития кунгурских песчаников, исключает возможность наличия сброса. Б. И. Грайфер и Р. А. Зуева делают вывод, что для проведения сброса амплитудой до 100 м оснований недостаточно.

Поднятие Уфимского вала относительно прилегающих территорий в четвертичном периоде сопровождалось, вероятно, некоторым растяжением пород и образованием трещин. А. И. Силин-Бекчурин (1949) установил «сброс» в районе курорта Ключи по изохимам хлора в водах буровых скважин. Развитию трещиноватости способствовали процессы выщелачивания и выветривания. В районе с. Усть-Кишерть на дне карстового озера обнаружен канал, прослеженный до глубины 20 м.

В обнажениях мергели, песчаники, доломиты настолько выветрелые, что при механических сотрясениях рассыпаются на отдельные плитки. Породы, вскрытые скважинами, до глубины 50–60 м сильно трещиноваты.

В карбонатных отложениях Уфимского вала резко преобладают трещины северо-западного и северо-восточного направлений, ориентированные под прямым углом друг к другу (Л. А. Шимановский, 1961).

На фоне Уфимского вала выделяются структуры второго порядка. На западном крыле депрессии среди пород кошелевской и поповской свит залегают известняки туйской пачки. Это позволило геологам-нефтяникам составить структурную карту по подошве туйской пачки.

Для западного крыла Юрезано-Сылвенской депрессии характерны структуры облекания рифов. Форма саргинских и сылвенских рифов, по В. Д. Наливкину (1949), является первичной, а структуры облекания образовались в результате отложения осадков на их склонах. На склонах сылвенских рифов углы наклона слоев изменяются от 15 до 30°, оставаясь отчетливыми на расстоянии около 100–200 м в стороны от них.

Местами, на участках интенсивного карста, залегание пород нарушено за счет обрушения сводов карстовых полостей. Здесь могут наблюдаться углы падения до нескольких десятков градусов. В скважинах, пробуренных южнее озер Молебное и Безымянное, слои доломита имеют углы падения до 70°. Карстовые дислокации бывают как складчатыми, так и разрывными. Они встречаются во многих карстовых районах (Г. А. Максимович и К. А. Горбунова, 1958; В. С. Лукин, 1960).



## КАРСТОВЫЕ ВОДЫ

Кишертско-Суксунский карстовый район является зоной разгрузки карстовых вод карбонатных отложений Уфимского вала и трещинно-поровых вод терригенных и частично сульфатных отложений западной части Юрезано-Сылвенской депрессии.

Развитие карста в исследуемом районе связано с разнообразными типами подземных вод: трещинно-карстовыми водами карбонатных отложений Уфимского вала, карстовыми водами сульфатных отложений кунгурского яруса и ольховской карстовой брекчии, трещинно-поровыми водами терригенных отложений кунгурского и уфимского ярусов.

*Трещинно-карстовые воды карбонатных отложений Уфимского вала.* Карбонатные отложения Уфимского вала содержат трещинно-карстовые воды, образующие единый водоносный горизонт на глубине до 80–100 м. Он вскрыт многочисленными скважинами. Вода пресная (400–600 мг/л), гидро-карбонатно-кальциевого или гидрокарбонатно-магниевого состава. Из области питания карстовые воды стекают к местам разгрузки. Разгрузка понимается как сток карстовых вод за пределы карстующегося массива. На восточном крыле Уфимского вала водоносный горизонт разделяется на отдельные концентрированные потоки, направленные к местам разгрузки вдоль наиболее трещиноватых и закарстованных зон, а также по контактам разнородных пород. Потоки карстовых вод как бы огибают рифы, массивы гипсов и ангидритов, менее трещиноватые и малопроницаемые породы.

На Уфимском плато вследствие длительной истории сформировались зоны поверхностной, вертикальной, переходной, горизонтальной, сифонной и глубинной циркуляций. Местами на местных водоупорах встречаются подвешенные воды (Г. А. Максимович, 1963; Л. А. Шимановский, 1963; К. А. Горбунова, 1963).

Воды зон горизонтальной и сифонной циркуляций разгружаются по восточному крылу Уфимского вала в виде нисходящих и восходящих источников, а также путем фильтрации в аллювий, карстовые брекчии, трещиноватые выветрелые сульфатные отложения. Форма очагов поверхностной разгрузки карстовых вод изменяется с севера на юг.

Приведем описание наиболее крупных родников. Для северной части района они не характерны.

На левом берегу р. Сылвы ниже Мижувеского карьера на протяжении 250 м примерно на уровне р. Сылвы или несколько выше его 18 августа 1959 г. было зафиксировано около 84 естественных выходов карстовых вод. Большая часть источников имеет небольшой дебит, порядка

0,1–0,4 л/сек, три источника – 1,0–1,3 и один 3,5 л/сек. Суммарный дебит их составлял 17,7 л/сек. На дне реки вблизи берега в нескольких местах отмечены восходящие грифончики. Карстовые воды разгружаются также непосредственно в р. Сылву. Можно допустить, что суммарный дебит надводных и подводных источников составляет 25 л/сек.

В устье Суксунского суходола выходит группа источников, дающих начало р. Ключи с расходом 540,8 л/сек. Ниже места замера, справа, в речку впадает еще 4 родника, дебит которых невозможно измерить (рис. 5). Р. Ключи питает Суксунский пруд. Ниже места выхода ключей на ней сооружена плотина для мельницы. Общий дебит источников можно принять равным 545 л/сек.

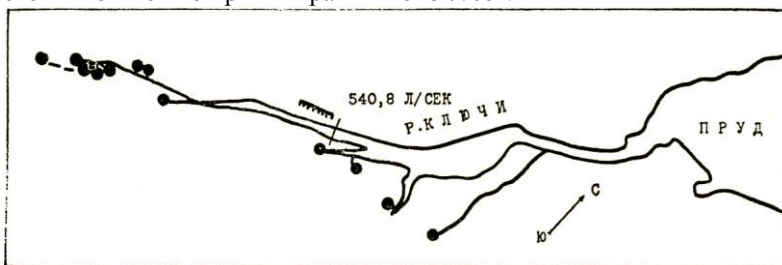


Рис. 5. Источники в устье Суксунского суходола.

В долине р. Иргины в окрестностях с. Б. Ключи в основном по левому и частично правому берегам и у подножия горы Ильинской выходит около 68 источников. Некоторые источники сливаются, давая начало притокам р. Иргины Нами (К. А. Горбунова, 1962) выделено здесь несколько групп источников. Замеры дебитов родников произведены в августе 1958 г. Л. Н. Усольцевым и Ю. Н. Юшковым.

I группа включает три источника, расположенных по левобережью р. Иргины у тракта (рис. 6). Общий дебит их 2,2 л/сек. Источник 13 имеет гидрокарбонатно-кальциево-сульфатный состав с минерализацией 503 мг/л.

II группа состоит из 40 ключей и их дериватов с дебитом от 0,15 до 33 л/сек, выходящих по левому берегу р. Иргины у подножия склона Уфимского плато в с. Б. Ключи. Все ключи нисходящие. Места выхода их замаскированы четвертичными отложениями. Из 8 источников были отобраны пробы воды на химический анализ. Общая минерализация составляет 460–510 мг/л.

Ключи 42–51 и их дериваты, сливаясь, образуют ручей с расходом 44 л/сек. Вода его гидрокарбонатно-кальциево-сульфатная с минерализацией 491 мг/л. Ключи 52–54 питают

речку с расходом 110 л/сек, характеризующуюся гидрокарбонатно-кальциево-магниевым составом и минерализацией 505 мг/л. Ручьи и реки, питаемые источниками 52–71 и их дериватами, сливаются в общее русло с расходом воды 335,0 л/сек. Состав ее гидрокарбонатно-кальциево-магниевый, а минерализация 475 мг/л.

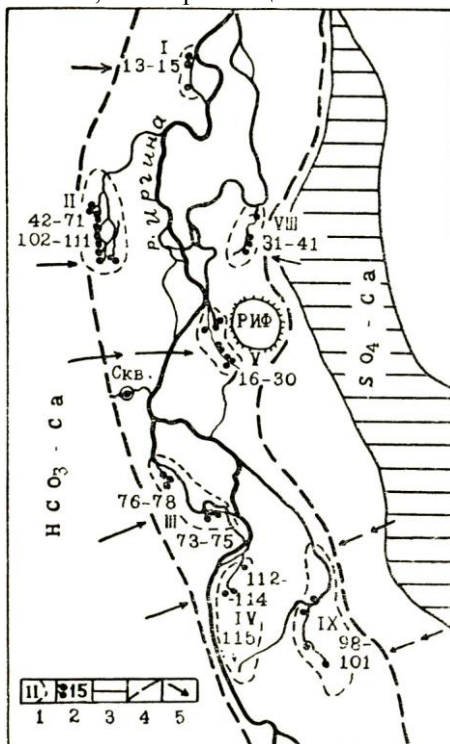


Рис. 6. Источники в окрестностях с. Б. Ключи: 1 – группы источников, 2 – номера источников, 3 – карстовые поля, 4 – границы гидрогеологических зон, 5 – направление стока карстовых вод. VI и VII группы источников расположены южнее и не показаны на рисунке.

Общий дебит источников II группы равен 432 л/сек, а расход реки, питаемой ими, 338 л/сек. Часть воды фильтруется в отложения террасы р. Иргины, вызывая ее заболачивание, и питает грунтовые воды.

II группа включает 6 источников, вытекающих по левобережью р. Иргины. Они питаются карстовыми водами, фильтрующимися через делювий и аллювий. Большая часть источников нисходящие, вытекают медленной струей, и только 77-й восходящий, дает до 40 грифончиков.

Источники 73–75 относятся к гидрокарбонатно-кальциево-сульфатной, гидрокарбонатно-кальциево-нитратной гидрохимическим фациям с минерализацией 448–479 мг/л. Родники 76–78 дают начало ручью с расходом 65,1 л/сек. Вода

их гидрокарбонатно-кальциево-магниевая с минерализацией 412–439 мг/л.

IV группа включает 4 источника, вытекающих на низкой террасе р. Иргины вблизи русла. Один источник восходящий, остальные нисходящие, температура их 8–11°C. Три родника (112–114) дают начало ручью с расходом 35,7 л/сек. У места замера расхода минерализация его составляла 481 мг/л, а состав был гидрокарбонатно-кальциево-сульфатный. Суммарный дебит всех родников равен 36,1 л/сек.

V группа представляет 15 источников, вытекающих у подножия горы-рифа Ильинской по правому берегу рукава р. Иргины. Они относятся к плотинным, восходящим и нисходящим с дебитом от 0,2 до 4,0 л/сек. Суммарный дебит 13 источников – 22,9 л/сек. Источники 20, 24, 26, 27, 29 имеют одинаковый химический состав и относятся к гидрокарбонатно-кальциево-магниевой гидрохимической фации. Минерализация их составляет 460–480 мг/л. Источник 16 относится к гидрокарбонатно-кальциево-сульфатной гидрофации.

Источники 23–30 питают ручей, впадающий в рукав р. Иргины. В 6 м выше его устья была отобрана проба воды. Анализ показал, что минерализация ручья составляет 462 мг/л, а состав гидрокарбонатно-кальциево-магниевый. Расход ручья выше устья равен 11,3 л/сек, а суммарный дебит питающих его родников – 16,4 л/сек, т. е. несколько больше расхода ручья. Это объясняется, возможно, неточностью замеров, а также частичной фильтрацией воды в рыхлые отложения.

VI группа источников вытекает по правому берегу р. Иргины в д. Усть-Лог (рис. 7). Частично они питаются речными водами, фильтрующимися в береговые отложения выше по течению в излучине реки. Источник 92 дает начало речке с расходом 26,6 л/сек. Источники 84–91 с дебитом 23 л/сек питают два ручья, впадающие в р. Иргину.

Родники 93–96 дают начало речке, на которой сооружена плотина. Ниже пруда она делится на два рукава, впадающие в р. Иргину. Один рукав с расходом 202 л/сек и минерализацией 964 мг/л отличается повышенным содержанием натриевого, хлоридного и сульфатного ионов. Другой рукав с расходом 155 л/сек впадает в р. Иргину у д. Осинцово. Общая минерализация его 474 мг/л, гидрохимическая фация гидрокарбонатно-кальциево-сульфатная. Общий расход карстовых речек, питаемых источниками VI группы, – около 412,0 л/сек.

VII группа источников на правобережье р. Иргины ниже д. Шипицино включает три родника (80–82) и их дериваты, вытекающие из трещиноватых, кремневых, серых и светлосерых известняков, замаскированных делювием. Вода вытекает медленной струей без напора. Температура ее 6°, дебит

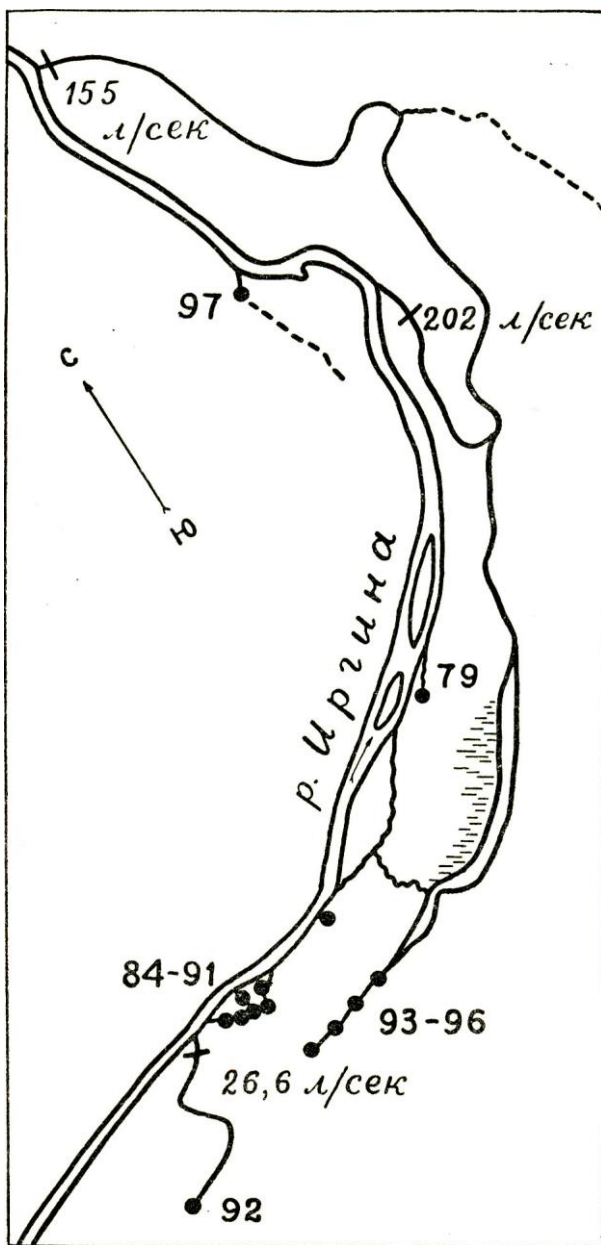


Рис. 7. Источники у д. Усть-Лог.

отдельных струй от 0,2 до 3,5 л/сек. Родники дают начало ручью-притоку р. Иргины; расход его в устье – 54 л/сек, минерализация воды – 440 мг/л, гидрохимическая фация гидрокарбонатно-кальциево-сульфатная.

Общий расход карстовых рек и родников, вытекающих из карбонатных отложений в долине р. Иргины, составляет 1053,2 л/сек.

группы	I	II	III	IV	V	VI	VII
Расход, л/сек	2,2	432,0	93,9	36,1	23,0	412,0	54,0

В местах разгрузки карстовые воды относятся к гидрокарбонатно-кальциево-сульфатным, гидрокарбонатно-кальциево-магниевым гидрохимическим фациям и имеют минерализацию 400–500 мг/л.

Суммарный расход карстовых вод, разгружающихся по восточному крылу Уфимского вала в виде источников и карстовых рек, составляет 1623 л/сек. Общий дебит источников в местах разгрузки увеличивается с севера на юг.

Левый берег р. Сылвы	25 л/сек
Устье Суксунского суходола	545 л/сек
Долина р. Иргины	1053 л/сек

Карстовые воды из карбонатных отложений Уфимского вала частично разгружаются подземно, фильтруясь в карстовые брекчии и разрушенные сульфатные породы, в аллювий, а также питают озера и речки.

*Карстовые воды сульфатных отложений кунгурского яруса и Ольховской карстовой брекчии.* Слаботрещиноватые толщи гипса и ангидрита играют роль водоупоров и являются безводными. Толща сульфатных пород, вскрытая скважинами возле с. Усть-Кишерть, совершенно сухая. Однако многочисленные провальные формы на этой площади указывают на активное развитие карста. Это позволяет сделать вывод, что карстовые воды циркулируют по контактам сульфатных пород с известняками, мергелями, аллювиальными отложениями, а также по крупным трещинам. Здесь формируются каналы и полости. Развитие карста и образование карстовых брекчий способствует концентрации карстовых вод и дальнейшей активизации процесса.

Воды ольховской карстовой брекчии вскрыты скважиной у с. Советная, пробуренной партией Уральского геологического управления летом 1958 г. до глубины 82 м. Над гипсами

и ангидритами в интервале 14,4–49,0 м залегают элювий и карстовая брекчия. Вода появилась на глубине 17,3 м. Химический анализ показал, что вода солоноватая сульфатно-кальциевая.

Карстовые брекчии связаны с гипсами и ангидритами кунгурского яруса, поэтому на некоторых участках бывает трудно разграничить их воды. Приведем описание сульфатных источников с севера на юг.

У д. Зуево в воронкообразном углублении вытекает (рис. 8) сульфатный источник с расходом 13,6 л/сек (8/VII 1959). Он впадает в р. Кишертку. Восходящие карстовые источники описаны были на дне 03. Кислое (Г. А. Максимович, 1956).



Рис. 8. Зуевский источник.

Наиболее крупные источники вытекают на дне Низковской депрессии. (Рис. 9, 10). Они дают начало р. Кишертке с расходом 26,2 л/сек (7/VII 1959). Частично карстовые воды фильтруются в рыхлые отложения, вызывая заболачивание. Подземные воды, разгружающиеся в депрессии, питаются атмосферными осадками, поглощаемыми карстовым полем у д. Дремино, а также карстовыми водами из карбонатных отложений Уфимского плато.

Южнее д. Низкое сульфатные отложения развиты в долине р. Сединки. Граница между гипсами и мергелями здесь сложная, поэтому гидрогеологические условия изменяются на небольших расстояниях. На левобережье р. Сединки основными очагами питания карстовых вод сульфатных отложений являются поноры и многочисленные воронки Бурцевской и Дреминской котловин. Отсюда подземный сток направлен на север вдоль границы сульфатных отложений с карбонатными к Низковской депрессии и частично на восток к р. Сединке. Очаги питания карстовых вод на правобережье имеют меньшую площадь, чем на левобережье.

По берегам р. Сединки вытекает четыре источника с дебитом от 0,5 до 2,0 л/сек. Минерализация воды составляет 1134–1648 мг/л. Вода из колодца в карстовой котловине имеет более высокую минерализацию, достигающую 2257 мг/л.

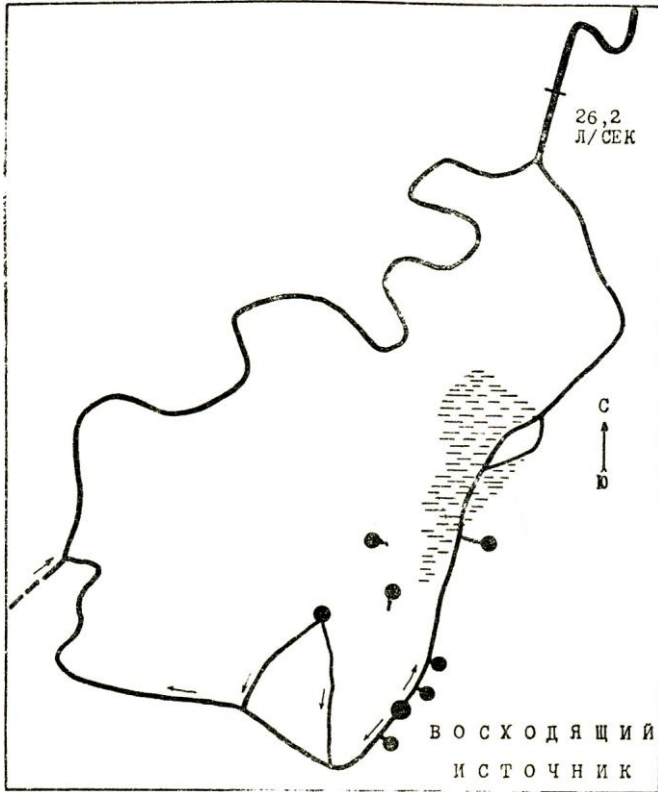


Рис. 9. Источники Низковской депрессии.



Рис. 10. Восходящий источник в Низковской депрессии.



В долине р. Мазуевки ниже тракта по левому берегу вытекают многочисленные сульфатные источники с дебитом от 0,5 до 7,0 л/сек, резко увеличивающие расход речки (рис. 11). По замерам 19 июля 1959 г. выше тракта она имеет расход 7,2 л/сек и минерализацию воды 534 мг/л, а ниже выхода источников соответственно 189,9 л/сек и 1804 мг/л. Дебит источников можно принять за 182,7 л/сек.

Много восходящих и нисходящих источников вытекает по левому берегу р. Советянки в нижнем течении. Они были обследованы в июле 1958 г. Источники у подножия горы Крутой, в склоне которой выходят карстовые брекчии, имеют дебиты от 2,0 до 54,3 л/сек. Ниже по течению дебиты уменьшаются. Местами карстовые воды создают заболоченность.

Впадая в р. Советянку, источники резко увеличивают ее расход от 16,4 л/сек в 1,8 км от устья до 256,8 л/сек в 250 м от него (замеры произведены соответственно 6 и 4 июля 1958 г.). Площадью питания их являются карстовые поля по левобережью р. Советянки (рис. 12). Источники относятся к сульфатно-кальциево-гидрокарбонатным, сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевым гидрохимическим фациям с минерализацией 991–1938 мг/л.

В долине р. Киселевки выходят 4 сульфатных источника с дебитом от 0,005 до 2,3 л/сек. Минерализация воды достигает 1037–1916 мг/л, гидрохимические фации сульфатно-кальциевые, сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевые.

Сульфатные воды были вскрыты скважинами в долине р. Суксунчика в начале XX века. В настоящее время они представляют собою восходящие источники. Скважины 9–11, по сведению местного жителя Н. В. Утемова, были пробурены в 1912–1913 гг. промышленником Каменским. Скважина 9 находится на острове. Место выхода вод сильно заболочено и представляет собою зыбун. Из заболоченного участка в противоположные стороны растекаются ручьи, впадающие в р. Суксунчик. Вода имеет слабый запах сероводорода.



Источники в долине р. Мазуевки.

Скважина 10 расположена на левом берегу р. Суксунчика. Место выхода имеет вид углубления правильной округлой формы с диаметром 65 см и глубиной 35 см. Вода обладает сероводородным запахом. Скважина 11 находится между домами № 1а и 2а по ул. Нижняя Глинка. Выход каптирован. В огороде дома № 5 по той же улице вытекают восходящие родники на дне р. Суксунчика у правого берега. Данные химических анализов проб воды, отобранных 26 июля 1958 г., показали, что вода скважин и родников сульфатно-кальциевая с минерализацией 1728–2493 мг/л.

На правом берегу р. Иргины сульфатные источники вытекают на двух участках. Севернее горы-рифа в с. Б. Ключи у подошвы уступа древней, сильно закарстованной террасы выходят 11 восходящих и нисходящих родников (рис. 6, VIII группа) с суммарным дебитом 7,7 л/сек. Они питают ручей,

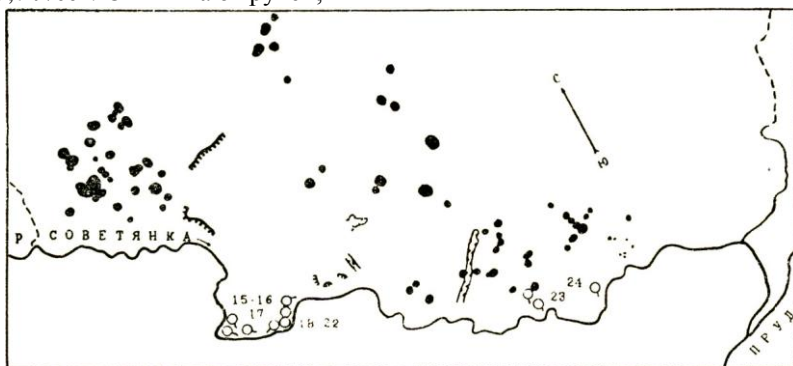


Рис. 12. Схема расположения карстовых воронок и источников в долине р. Советянки.

впадающий справа в р. Иргину. По данным анализа 17 сентября 1958 г., родники имели минерализацию 2,0–2,6 г/л и относились к сульфатно-кальциево-гидрокарбонатной гидрохимической фации. Расход ручья, питаемого родниками, в устье составлял 35,7 л/сек, а минерализация – 1,8 г/л. Гидрохимическая фация сульфатно-кальциево-гидрокарбонатная. Расход его увеличился за счет подводных источников в русле.

Южнее рифа у подножия уступа террасы возле с. Брехово выходит четыре источника (98–101), дающих начало притоку р. Иргины. Они имеют минерализацию 870–914 мг/л и относятся к гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевой и сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевой гидрохимическим фациям (рис. 6, IX группа).

Источники 98–100 образуют ручей, расход которого в устье составляет 58 л/сек, а минерализация воды – 758 мг/л, то есть меньше, чем в источнике 98. Это указывает на приток более пресных карстовых вод с запада. Ручей источников 98–100 сливается с ручьем, текущим с запада от источника 115, и дает начало притоку р. Иргины. Ниже их слияния в приток впадают русловые источники. В месте выхода одного из них минерализация воды увеличилась до 914 мг/л. Расход притока в 600 м ниже слияния ручьев достигает 320 л/сек.

№источника	Характер вытекания	Дебит, л/сек	Температура С°
98	Бьет ключом, восходящий	24	8,5
99	Медленная струя, нисходящая	31	8,0
100	Несколько небольших ключей, восходящих и нисходящих	Около 3	9
101	Медленная струя, нисходящая	0,5	9

Несмотря на приток более пресных вод от источника 115, вода в притоке становится более минерализованной, чем в источнике 98, за счет поступления сульфатных карстовых вод в русло с востока и снизу.

Общий дебит всех сульфатных источников составляет 827,5 л/сек.

	Зуево	Низкое	Сединка	Мазуевка	Советянка	Киселевка	Иргина
Дебит, л/сек	13,6	26,2	4,0	182,7	240,4	4,9	355,7

По дебиту карстовые источники исследованного района относятся к 3–8 классам от очень больших до весьма незначительных, по температуре – очень холодные с температурой ниже 6–8°, по режиму дебита – постоянные (Г. А. Максимович, 1963).

*Трещинно-поровые пластовые воды терригенных отложений кунгурского и уфимского ярусов.* Эти воды развиты преимущественно в восточной части района. Водоносными являются трещиноватые мергели и песчаники. Источники из мергелей поповской свиты описаны у оз. Лапаево севернее д. Кобыльчата, у деревень Соломатово, Махали, Гарино, в долине р. Сединки, преимущественно по правому берегу ее. Родники нисходящие, с дебитом обычно менее 0,5 л/сек. Только родник у д. Махали имеет дебит 4,7 л/сек и минерализацию 1033 мг/л. Возможно, он относится к карстовому типу. Общий дебит родников, включая и Махалевский, 14,5 л/сек. Южнее источники из мергелей дают начало рекам Мазуевке (7,2 л/сек),

Советянке (0,7 л/сек), Ключевой Каменке (5,0 л/сек). Суммарный дебит всех родников составляет 27,4 л/сек.

Приведем данные о суммарных дебитах источников разных площадей.

Источники	Дебит, л/сек
Из карбонатных отложений Уфимского вала (А)	1623,0
Из сульфатных отложений и карстовых брекчий (Б)	827,5
Из терригенных отложений (В)	27,4

*К вопросу формирования химического состава карстовых вод.* Из многих карстовых источников одновременно с замером дебита отбирались пробы воды на химический анализ. Это позволило выявить особенности формирования химического состава карстовых вод карбонатных и сульфатных отложений восточного крыла Уфимского вала (К. А. Горбунова, 1961).

Карстовые воды являются разновидностью подземных вод. Формирование их химического состава подчиняется общим закономерностям, характерным для природных вод. В зоне свободного или активного водообмена формирование солевого состава подземных вод происходит преимущественно за счет выщелачивания пород. В. И. Вернадский все элементы земной коры разделил на пирогенические, не принимающие участия в формировании солевого состава воды, и гидрогенические, участвующие в водном равновесии Земли. М. Г. Валяшко (1954) указывает, что роль гидрогенических элементов в формировании химического состава природных вод определяется их распространенностью и растворимостью образованных ими соединений.

Распространенность гидрогенических элементов в земной коре определяет главные компоненты природных вод, а растворимость же соединений, образованных главными компонентами, – их количественное соотношение на данной стадии минерализации. Одна из закономерностей формирования химического состава природных вод проявляется в постепенном увеличении их минерализации за счет появления в растворе ионов более растворимых соединений.

Г. А. Максимович (1955) показал, что по мере роста минерализации изменяются весовые соотношения главных растворенных компонентов и тип воды или гидрохимическая фация. Этот основной процесс проявляется по-разному, в зависимости от географической зоны.

Химический состав карстовых вод зависит от состава пород, состава питающих их вод, гидродинамической зоны и

других факторов (Г. А. Максимович, 1963). В зоне активного водообмена главные компоненты карстовых вод определяются составом карстующихся пород, в данном случае карбонатных и сульфатных. Основными катионами будут кальциевый и магниевый, анионами – гидрокарбонатный и сульфатный. Соотношение этих компонентов изменяется с увеличением минерализации.

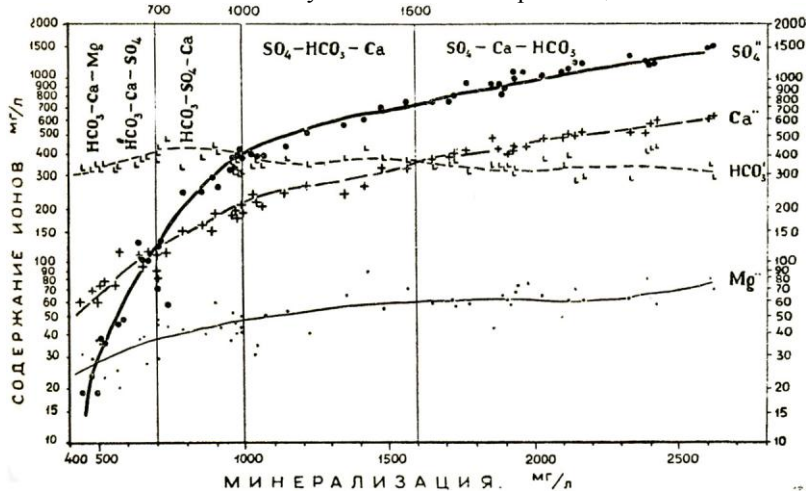


Рис. 13. Изменение соотношения главнейших ионов при увеличении минерализации для карстовых вод.

В исследованном районе характерно преобразование химического состава карстовых вод при переходе их из карбонатных отложений Уфимского вала в сульфатные Юрезано-Сылвенской депрессии. Эти изменения отражены на графике (рис. 13), построенном по данным 80 химических анализов карстовых источников и рек. На нем по вертикальной оси откладывается содержание главнейших ионов в мг/л в логарифмическом масштабе. По горизонтальной оси наносится минерализация в обычном масштабе в мг/л. Кривые показывают поведение главных ионов при увеличении минерализации. Точки пересечения их соответствуют определенным величинам минерализации и разграничивают разные типы вод.

Роль сульфат-иона в формировании каждого типа воды отражена на другом графике (рис. 14). При построении его использовано 130 химических анализов карстовых родников. График позволяет сделать вывод, что каждый тип воды или гидрохимическая фация характеризуется определенными пределами минерализации и содержанием сульфат-иона.

Общая минерализация, мг/л	SO <sub>4</sub> , мг/л	Гидрофация	Тип воды
400–580	Менее 27	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	I
400–800	22–100	HCO <sub>3</sub> -Ca-SO <sub>4</sub>	II
600–1000	100–350	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	III
900–1500	330–700	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Ca	IV
1500–2700	700–1600	SO <sub>4</sub> -Ca-(HCO <sub>3</sub> )	V

I тип воды свойственен карбонатным породам (мергелям, доломитам, известнякам), II тип – карбонатным, частично загипсованным. Выщелачивание их приводит к увеличению в воде содержания как карбонатов, так и сульфатов кальция.

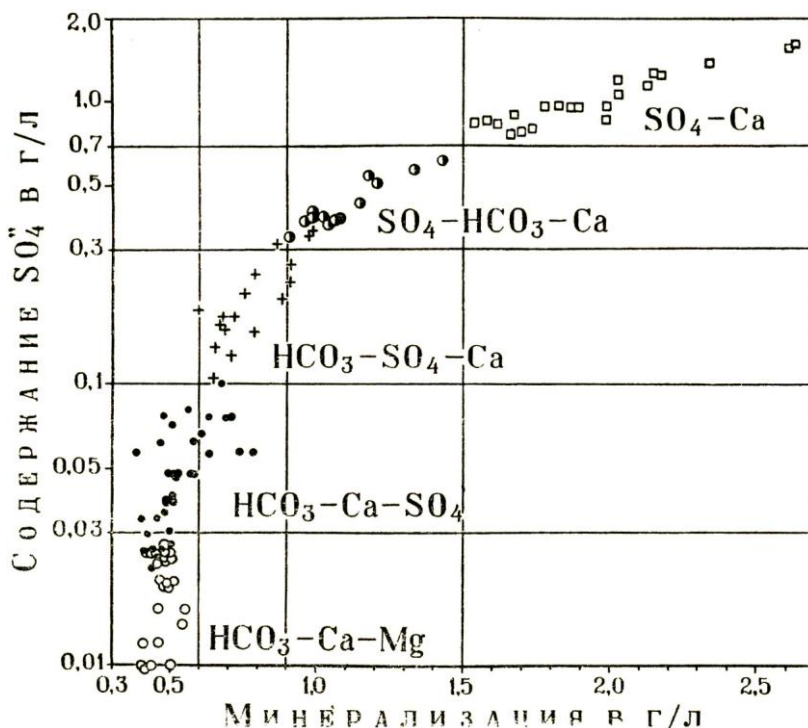


Рис. 14. Изменение гидрохимической фации в зависимости от содержания сульфат-иона и минерализации.

III и IV типы характеризуются дальнейшим увеличением минерализации за счет выщелачивания сульфатов кальция. Часть карбонатов кальция, как менее растворимых, при повышении минерализации выпадает из источников в виде туфов, содержание гидрокарбонатного иона уменьшается. V тип развит

в сульфатных отложениях. Преобладающими являются сульфатный и кальциевый ионы, образующие более растворимые соединения, чем карбонаты и бикарбонаты кальция. Приведенные нами данные показывают, что основным процессом формирования солевого состава карстовых вод карбонатных и сульфатных отложений является выщелачивание карбонатов и сульфатов.

*Модули подземного стока. Активность карста и химическая денудация.* Модуль подземного стока – это количества воды, стекающей в 1 сек с 1 км<sup>2</sup> площади карстового массива (Г. А. Максимович, 1963). На основании летних замеров дебитов источников нами были определены модули родникового стока для участка карбонатного карста, расположенного между р. Сылвой на севере и с. Б. Ключи на юге. VI и VII группы источников, расположенные южнее, в расчетах не учитывались.

Площадь участка Уфимского плато, ограниченного с запада гидрогеологическим водоразделом, а на востоке – линией выхода пресных источников из карбонатных отложений, составляет 336 км<sup>2</sup>. Суммарный дебит источников этой площади – 1157 л/сек, а модуль родникового стока – 3,4 л/сек с 1/км<sup>2</sup>. Он меньше, чем в других карстовых областях (Г. А. Максимович, 1963). Это объясняется значительной долей подземной разгрузки. Подобные же подсчеты произведены для участка сульфатного карста Кишертско-Суксунского района, прилегающего к первому участку. Площадь его – 60 км<sup>2</sup>, суммарный дебит источников 827,5 л/сек, а модуль стока– 13,8 л/сек с 1 км<sup>2</sup>. Он значительно выше, чем на Уфимском плато, что объясняется разгрузкой здесь подземных вод прилегающих участков.

Источники	Дебит или расход, л/сек	Сухой остаток, мг/л	Вынос растворенных веществ, г/сек
в долине р. Сылвы	25	300	7,5
В устье Суксунского суходола	545	511	278,5
В долине р. Иргины			
I	2,2	340	0,7
II	432,0	331	143,0
III	65,1	267	17,4
III	28,8	320	9,2
IV	36,1	330	11,9
V	23,0	310	7,1
Суммарный	1157,2		475,3

Для этих двух участков подсчитаны показатель активности карста и химическая денудация. По Н. В. Родионову (1949), показатель активности карста – это отношение объема растворенной породы, выносимой карстовыми источниками, к объему карстующегося массива в процентах.

Объем пород, выносимый источниками, определяется нами по расходу и сухому остатку.

Вынос растворенных веществ всеми источниками 475,3 г/сек, или 14989 т/год. При объемном весе 2,7 объем породы составит 5551 м<sup>3</sup>/год. Показатель активности карста А в процентах за тысячелетие равен

$$A = \frac{5551 \times 1000}{2688000000} \times 100 = 0,02 \%$$

Эта цифра незначительно отличается от опубликованной ранее (К. А. Горбунова, 1960), что объясняется внесением поправки в цифру суммарного дебита родников II группы в долине р. Иргины. Ранее за общий дебит принимался расход реки, питаемой родниками. Так как часть воды фильтруется в отложения террасы, он оказался меньше суммы дебитов родников.

Сопоставим активность карста восточного крыла Уфимского вала с другими районами (Н. В. Родионов, 1949, 1958).

	Чатыр-Даг	Сочинский район	Алайский хребет	Уфимский вал		Долина Уфы
				Карбонатный	Сульфатный	
А (за тысячелетие, %)	0,15–0,20	0,5	0,0001	0,02	0,9 (1,4)	1,67

Активность карбонатного карста в восточной части Уфимского вала значительно ниже, чем в Крыму, что обусловлено меньшим количеством осадков, наличием в карстующемся массиве доломитов, глинистых и кремнеземных известняков. В то же время она выше активности карста Алайского хребта, где сухой климат. Возможно, показатель активности карста на восточном крыле Уфимского вала несколько выше, чем 0,02, так как часть карстовых вод разгружается подземно.

Подсчет показателя активности для участка сульфатного карста осложняется рядом обстоятельств. Очень трудно определить объем карстующихся гипсов, так как они не выдержаны по простираению. Средняя мощность их нами принята за 15 м. Суммарный дебит сульфатных источников – 827,5 л/секу а вынос ими растворенных веществ – 961 г/сек, или 31 тыс. т/год. Вынос сульфата кальция составляет 596,7 г/сек, или 19 тыс. т/год. При удельном весе 2,3 объем вынесенного гипса около 8 тыс. м<sup>3</sup>/год.



Общая площадь участков сульфатного карста достигает 60 км<sup>2</sup>. При средней мощности сульфатных пород 15 м объем их равен 0,9 км<sup>2</sup>. Показатель активности карста по выносу сульфата кальция составляет 0,9. В сульфатных отложениях долины р. Уфы он выше в два раза – 1,67 (Г. Г. Скворцов, 1955). Сравнительно небольшая величина показателя активности карста в изучаемом районе объясняется невозможностью точно подсчитать объем сульфатных пород, не выдержанных по простиранию и мощности. При подсчетах учитывался объем вынесенных пород только по гипсу.

Если же принять во внимание весь объем вынесенных пород, пересчитав оставшуюся часть (12 тыс. м/год) на карбонаты кальция, получим показатель

$$\frac{8 \text{ тыс. м}^3 + (12 \text{ тыс. м}^3 \div 2,7)}{900000000 \text{ м}^3} \times 1000 \times 100 = 1,4 \%$$

Данная цифра, вероятно, преувеличена, так как на участок поступают также воды из карбонатных отложений, содержащие карбонаты.

Приведенные подсчеты не претендуют на большую точность. В дальнейшем необходимо усовершенствовать методику подсчетов показателя активности карста.

Подземная химическая денудация – это слой карстующихся пород, выносимый карстовыми источниками с площади карстующегося массива в год. Для участка карбонатного карста она составляет 16,5 микрона. Для участка сульфатного карста подсчеты произведены в двух вариантах. Химическая денудация по сульфату кальция равна 317 м/год с 1 или 133 микронам. Если учесть также и вынос карбонатов, получается 517 м/год, или 207 микронов.

Таким образом, модули стока, активность карста и химическая денудация в сульфатном карсте значительно выше, чем в карбонатном.

Участок	Модуль стока, л/сек с 1 км <sup>2</sup>	Активность, %	Химическая т/год с 1 км <sup>2</sup>	Денудация, микронов
Карбонатного карста	3,4	0,02	44,6	16,5
Сульфатного карста	13,8			
по сульфатам		0,9	317	133
с учетом СаСО <sub>3</sub>		1,4	517	207

Различие активности карста и химической денудации двух соседних территорий приводит к формированию уступа Уфимского

плато и прилегающей к нему с востока пониженной полосы, заполненной карстовыми брекчиями. Подобные взгляды на формирование депрессий высказывают и другие исследователи (А. В. Турьшев, 1960, 1962). Характерно, что подземная химическая денудация в карбонатных породах Уфимского вала приводит к расширению подземных полостей, а в отложениях Уфимско-Соликамской впадины – к образованию провалов и общему понижению поверхности.

## КАРСТОВЫЕ ОЗЕРА

Характерной особенностью ландшафта Кишертско-Суксунского района являются многочисленные карстовые озера. Это – небольшие водоемы с поперечником от 10 м до нескольких километров при глубине от 1 до 15–23 м. Несмотря на незначительную площадь, они представляют большой интерес.

В ряде районов карстовые озера питаются подземными водами, являясь как бы гидрогеологическими окнами. Они должны привлечь внимание и специалистов-озероведов. В карстовых районах в одной группе могут находиться озера различных стадий развития. На примере одной группы прослеживаются различные стадии медленного процесса затухания карстового озера.

Воды карстовых озер используются для питьевого и хозяйственного водоснабжения. Вблизи сооружаются птицефермы и животноводческие фермы. Местами в озерах создаются холодильники для хранения молочных продуктов.

Живописные озера с высокими скалистыми берегами – излюбленное место отдыха туристов.

В 1957–1959 гг. было обследовано 113 карстовых озер. В озерах производились замеры глубин по 2–3 линиям, отбирались пробы воды на химический анализ, а также отмечалась степень их заболоченности.

По происхождению котловин озера подразделяются на несколько групп.

1. Крупные озера в углублениях дна карстовых депрессий. Обычно они расположены группами или цепочками. Нередко весной они соединяются между собой. К этому типу относятся Мазуевская, Бурцевская и Дикоозерная группы.

2. Одиночные озера в воронках на дне и склонах карстовых котловин. Они имеют меньшие размеры по сравнению с предыдущими. Таковы озера в окрестностях д. Дремино. В зависимости от положения дна котловины и стадии развития пи тание озер первых двух групп может быть атмосферным, подземным и смешанным.

3. Озера в карстовых воронках на коренных террасах и на склонах речных долин. Площадь и глубина их небольшие. Питание преимущественно атмосферное. К этому типу относятся Советинская и Ключевская группы.

4. Озера в воронках на низких аккумулятивных террасах. Площадь их невелика, но глубина у некоторых достигает 20 м. К этой группе относятся кишертские озера. Питание их смешанное, со значительной долей грунтовых и карстовых вод.

5. Озера в воронках, осложняющих древние старицы. Они имеют большие размеры. Питание смешанное. В высокие половодья такие озера могут соединяться с рекой. К этой группе относятся озера Круглое и Кобыльчатское в районе с. Усть-Кишерть.

В плане озера круглые, овальные, сдвоенные, редко лопастные. Приведем данные о площадях и глубинах наиболее крупных озер.

Группа	Название озера	Площадь,	Глубина, м
Мазуевская	Большое	7400	5,7
	Карасье	21980	8,0
Дикоозерская	Дикое	43960	6,8
	В д. Нижняя Одина	9161	19,0
	Круглое	9677	18,2
Бурцевская	Южное	15394	4,8 у берега
Кишертская	Молебное	12383	19,5
	Кишертское 4	36,3	22
	Круглое	8171	12,8

Некоторые озера по своей глубине в два раза превосходят оз. Чад (8 м) и приближаются к оз. Балхаш (23 м по С. В. Калеснику, 1947). Часть озер Кишертско-Суксунского карстового района по размерам значительно превосходят озера Чехословакии. В Южнословацкой карстовой области площади озер составляют: Силицкое – 12 200, Смардуге – 3300, Лучанское – 1700 м<sup>2</sup>. Агтелекское озеро в Северонгерской карстовой области вблизи одноименной пещеры имеет площадь 11300 м<sup>2</sup> (И. Кунский, 1939, 1950).

Карстовые озера интересны тем, что эволюция их протекает быстро. Часто рядом находятся озера в различных стадиях угасания. Эти маленькие водоемы являются своеобразными природными лабораториями, где можно наблюдать процессы возникновения и эволюции котловин, формирования водной массы и изменения ее химического состава в зависимости от стадии развития.

Автор была очевидцем появления оз. Провал в с. Усть-Кишерть в 1949 г. (Г. А. Максимович и др., 1950). В 1954 г. на первой террасе р. Сылвы в окрестностях д. Пеньки образовалось 4 провала, один из которых превратился в озеро.

Развитие карстовых озер протекает сравнительно быстро. Это объясняется небольшой их площадью, положением в пониженных участках котловин или на склонах, куда сносятся продукты выветривания с окружающих участков. В первые же годы существования особенно сильно изменяется морфология котловины. Склоны выполаживаются, диаметр увеличивается, на дне начинают отлагаться обломочные осадки. Механическое заполнение котловины сочетается с ее зарастанием, постепенным превращением озера в болото, а затем и в карстовое блюдце.

Превращение карстовых озер в болота идет двумя путями. У одних озер, преимущественно мелких, заполнение котловины осадками сопровождается заболачиванием берегов, а затем постепенным надвиганием болотной растительности от берегов к середине. Болотная растительность разного состава часто располагается в виде концентрических полос.

Второй, наиболее распространенный, путь заболачивания – образование сплавины, то есть травянистого покрова на водной поверхности. По мере утолщения на ней поселяется древесная растительность (ива, береза и др.). Разрастаясь, она затягивает всю поверхность воды. Развитие карстовых озер, имеющих часто значительную глубину, идет преимущественно вторым путем.

Нами описаны озера, находящиеся в различных стадиях угасания. Для Дикоозерской, Бурцевской и Мазуевской групп намечаются следующие стадии развития.

1. Озера со свободной водной поверхностью, слабо заболоченные у берегов (Большое, Черная Яма и Светлая Яма из Мазуевской группы. Северное Бурцевское и Большое Дикое).

2. Озера, частично покрытые сплавиной. Площадь сплавины составляет менее половины озера. Она как бы припаяна к берегам, но иногда отрывается и плавает по озеру (Южное Бурцевское, Малое Дикое).

3. Озера, более половины поверхности которых затянута сплавиной. Это оз. Карасье и озеро со сплавиной из Мазуевской группы, а также Березовое и другие озера. Глубина под сплавиной у озера Карасьего и Березового из Бурцевской группы составляет 8 м.

4. Озера, сплошь покрытые сплавиной. Кое-где в сплавине видны небольшие окна воды. Таковы болота в Мазуевской группе, расположенные южнее оз. Карасьего.

5. Озера, покрытые ряской. Их развитие идет иными путями.

К ним относятся озера Яма в с. Усть-Кишерть, Восьмерка из Бурцевской группы, Кишертское 5.

Нормальный цикл развития карстовых озер может прерываться возникновением новых провалов. Примером является озеро в д. Нижняя Одина. По сведениям Ф. И. Ширяева, до 1905 г. на месте озера было несколько воронок, которые заносились глиной. Затем они были заполнены весенними водами из оврагов, и образовалось озеро. Уровень воды, в нем был выше, чем сейчас. До 1923–1924 гг. из озера был сток по ложбине на запад. В июле 1953 (1954?) г. в северо-восточной

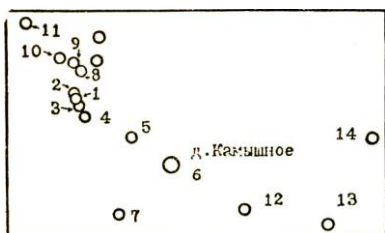


Рис. 15. Схема расположения озер в окрестностях д. Камышное.

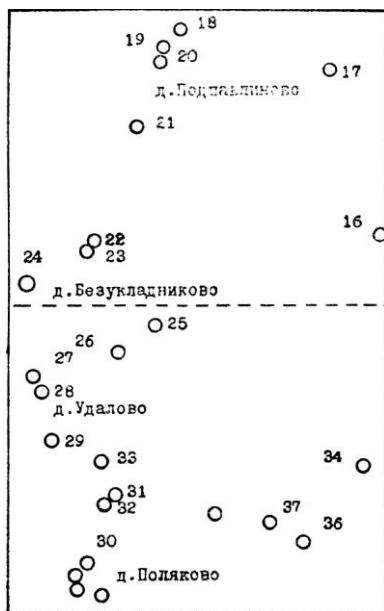


Рис. 16. Схема расположения озер в окрестностях д. Безукладниково.

части озера произошел провал, в стенках которого обнажились мергели и песчаники, перекрывающие гипсы. После провала уровень озера понизился. Наибольшая глубина в нем была обнаружена Г. С. Польшаловой 30 июня 1957 г. в провале.

Карстовые болота, осушаясь, превращаются в блюдцеобразные понижения, которые представляют собою уже прекратившие свое развитие карстовые формы.

При движении с севера на юг в описываемом районе выделяется несколько озерных участков.

Севернее р. Сылвы озера приурочены к воронкам или котловинам на закарстованной поверхности высокой равнины. В июле 1959 г. здесь было обследовано 37 озер. Данные

Таблица 1

## Размеры озер севернее р. Сылвы

№ озер	Длина, м	Ширина, м	Наибольшая глубина, м	Высота берегов, м	Растительность
1	14	9	0,5	1,2	Кустарник по берегам
2	9	9	0,6	1,5	Осока
3	15	11	0,5	1,0	Осока
4	15	7	0,7	1,0	Осока, кувшинки
5	14	8	0,8	4,8	Осока, кувшинки
6	89	85	До 7	3,5	Сплавина
7	20	16	1,2	8,0	Осока, кувшинки
8	6	6	2,3	1,8	
9	14	12	0,8	4,6	
10	27	18	2,3	3,4	Незаболоченное
11	50	48	4,6	3,0	Осока, кувшинки, у с.-з. берега – сплавина
12	14	13	2,7	2,1	
13	37	30	2,3	4,9	
14	31	25	0,7	2,2	
15	110	60	–	–	Сплавина, кустарник
16	45	30	–	1,5	Сплавина, у берегов – осока
17	34	30	0,9	3,5	
18	12	10	1,4	2,0	
19	48	30	2,5	4,0	По берегам осока
20	20	20	2,3	3,6	Сплавина
21	32	32	1,7	1,8	
22	8	8	0,7	1,2	Кувшинки
23	22	16	2,3	2,2	
24	150	110	10,0	9,0	Заболочено слабо
25	35	34	7,2	3,5	Осока
26	32	24	4,5	3,5	Кувшинки
27	108	48	1,2	3,2	Не заболочено
28	18	18	0,9	10,2	
29	28	21	0,9	4,5	
30	100	62	1,0	6,2	
31	20	18	2,8	2,8	
32	30	12	1,2	3,3	
33	13	12	0,6	0,6	
34	100	70	Около 4,0	4,8	
35	82	61	1,5	1,9	Сплавина
36	60	46	3,0	11,0	
37	14	12	0,8	11,0	

о их размерах приведены в табл. 1. Наиболее крупные озера с длиной до 150 м при ширине до 110 м расположены в деревнях Камышное, Безукладниково, Удалово, Полякове, Анисимово, Климово (рис. 15, 16). Озеро в д. Безукладниково имеет наибольшую глубину – 10 м. Некоторые котловины слабо заболочены, у других по берегам растут осока, кустарник, трети покрыты сплавиной. В плане они обычно овальные, реже – округлые или сложных очертаний.

Минерализация озерной воды составляет 71–275 мг/л, и только в одном случае – 619 мг/л. Основными компонентами являются  $\text{HCO}_3^-$ , Са,  $\text{NO}_3^-$ , Na ионы. Гидрохимическая формация – гидрокарбонатная.

Подобный же состав имеют озера, расположенные севернее исследованной территории, а также озера Чусовской стрелки Камского водохранилища (В. Н. Боброва, 1962; Р. В. Яценко, 1963).

Южнее р. Сылвы в окрестностях с. Усть-Кишерть озера в большинстве случаев представляют собою воронки, заполненные водой. Они расположены в долинах рек Сылвы, Кишертки и Сединки, отличаясь обычно небольшой площадью и глубиной до 19,5–22 м.

На 1 террасе р. Сылвы севернее с. Усть-Кишерть крупные карстовые озера приурочены к древним старицам. Таковы озера в д. Кобыльчата с поперечником около 50 м. Круглое (рис. 17) и Головка (рис. 18).

	Длина, м	Ширина, м	Глубина наибольшая, м
Оз. Круглое	108,0	96,8	12,8
Оз. Головка	63,0	58,6	8,6

Значительная глубина котловин указывает на их карстовое происхождение.

На северной окраине с. Усть-Кишерть на 1 террасе р. Сылвы расположены три озера: Березнинское Западное с длиной около 100 м, шириной 44 м и глубиной 2 м, Среднее с поперечником 34 м и глубиной 2,4 м и Восточное соответственно 44 и 3,8 м (замеры 1953 г.).

Южнее находится группа озер, включающая провалы 1949 г. Озера вытянуты в широтном направлении. Котловина восточного из озер – Восьмерки состоит из 2 слившихся воронок. Восточная часть его по замерам 1953 г. имела поперечник 22–27 м и наибольшую глубину 8,6 м, а западная соответственно 18 и 3,1 м. Летом 1958 г. уровень воды в озере сильно понизился. Подводная часть берега, покрытая мусором, обнажилась. Наибольшая глубина по замерам 30 августа 1958 г. была всего 6,5 м. Западнее оз. Восьмерка у д. № 40

по ул. Советской находится древняя, сильно заболоченная воронка. В 1934–1935 гг. дно ее было покрыто водой и болотной растительностью. У юго-западного берега был сооружен колодец, обладавший большим притоком воды. В последующие годы наблюдалось заметное осушение болота. Описанные озера и болото расположены в одном крупном понижении.

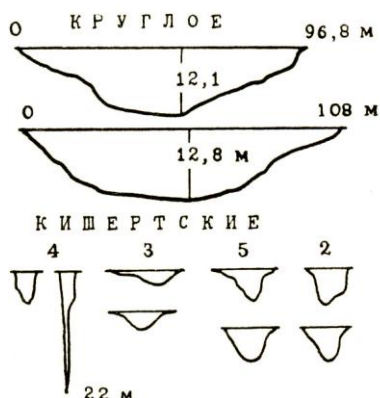


Рис. 17. профили озерных котловин в окрестностях с. Усть-Кишерть.

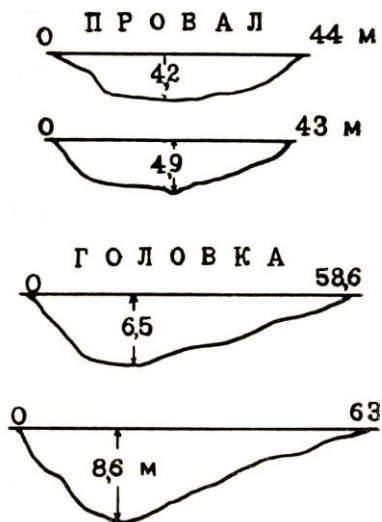


Рис. 18. Профили озерных котловин в окрестностях с. Усть-Кишерть.

В течение 28–29 августа 1949 г. на огороде одного из жителей с. Усть-Кишерть возникло 3 провала. Два из них соединились и заполнились водой, превратившись в озеро с крутыми отвесными берегами высотой 9 м. Глубина озера была 5,45 м. В последующие годы берега его выполаживаются, конфигурация котловины изменяется. В озере появилась растительность, местными жителями сюда была занесена рыба. В июле 1953 г. общая длина оз. Провал составляла 49 м при поперечнике восточной части 38 м, а западной – 11 м. Наибольшая глубина 4 м. 2 июля 1958 г. поперечник восточной части увеличился до 43 м, а глубина до 4,9 м (рис. 18).

Оз. Яма с поперечником 27 м и глубиной 2,5 м расположено на ул. Коммунистической у дома № 26. Берега его задернованы, причем северный выше (4,5–5 м), но положе (18°) южного (3 м и 25°). Весной озеро пополняется талыми водами и увеличивается в размерах. Поверхность озера летом покрывается ряской. Береговая полоса заболочена незначительно.



Оз. Молебное расположено на II террасе р. Сылвы. Большой поперечник его равен 120 м, малый 108 м, наибольшая глубина 19,5 м, площадь – 12 383 м<sup>2</sup> объем воды 51 934 м<sup>3</sup>. Берега, имеющие наклон 18–19° и высоту от 4 до 7 м, заболочены незначительно. Среди населения сохранилось предание о том, что на месте озера росли деревья, которые провалились. В дореволюционное время жители считали озеро святым и на берегах его совершали религиозные обряды. Отсюда и происходит его название. В настоящее время вода озера используется для питьевых целей.

Восточнее оз. Молебное расположено оз. Безымянное с поперечником 46 м и наибольшей глубиной 4,7 м. Котловина его имеет чашеобразную форму, дно средней части ровное, покрыто илом значительной мощности. Котловина его сливается с воронкой Молебного озера. Южный берег оз. Безымянного крутой, высотой 4,5–5 м, северный – 6 м.

Оз. Зуевское на II террасе р. Сылвы имеет округлую форму с поперечником 42 м и глубиной 2,5 м (2/VII 1958). Поверхность его покрыта ряской. Берега низкие и пологие.

Южнее железнодорожного полотна на I террасе у подошвы правого склона долины р. Кишертки расположено оз. Кишертское 1. Форма его овальная с длиной 15 м и шириной 12,5 м. Наибольшая глубина составляет 0,57 м. Береговая полоса шириною от 1 до 2,5 м заболочена. Берега низкие.

Западнее его в 60 м находится оз. Кишертское 2. Прозрачная вода его имеет зеленоватый оттенок, а на дне видны водоросли. Берега слабо заболочены. Растительность по берегам бедная. Форма озера овальная с поперечниками 14 и 16 м. Наибольшая глубина – 6,7 м (рис. 17).

Оз. Кишертское 3 расположено в 150 м юго-западнее оз. Кишертское 2. Длина его 24,8 м, ширина 22,5 м. Наибольшая глубина 3,5 м. Берега низкие. Береговая полоса от 4 до 6 м заболочена. Озеро напротив сырзавода (Кишертское 4) овальной формы (6,5–7,2 ж), имеет глубину 6,6 м. В южной части дна обнаружен попор с поперечником около 30 см и глубиной 22 м. Оз. Кишертское 5 расположено на правом берегу р. Кишертки в 60 м от нее. Форма его овальная (18,5–21,4 м). Наибольшая глубина 6,2 м. Поверхность воды покрыта ряской.

Севернее д. Гарино на правом склоне долины р. Кишертки в крупной воронке расположено озеро со сплавиной. Длина его 63,5 м, ширина 32,4 м, наибольшая глубина 6,9 м. Большая часть озера покрыта сплавиной. Восточный берег выше и круче западного.

На правобережье р. Сединки севернее с. Седа находится оз. Лысково округлой в плане формы с поперечником 66 м

и высотой берегов от 1,5 до 2 м (16/VII 1957). Ширина заболоченной и заросшей камышом береговой полосы составляет местами 4 м. Оз. Темное на левобережье р. Сединки, западнее с. Седа у дороги, с поперечником 22,9 м и высотой берегов 1,5–2,5 м также у берегов заболочено (от 0,5 до 2 м). Берега задернованы, вода темного цвета.

Химический состав вод озер разнообразен и зависит от условий питания их. Минерализация воды изменяется от 84 до 2076 мг/л. Наряду с гидрокарбонатными появляются сульфатные формации.

В окрестностях д. Дремино озера приурочены к воронкам на дне и склонах карстовой депрессии. В северной части деревни у дороги расположено мелкое озеро с поперечником 43 м. Остальные озера имеют или небольшие размеры, или сильно заболочены. Озеро на левом склоне лога в лесу в 450 м южнее д. Дремино имеет поперечник – 17,5 м. Берега его низкие (0,5–2 м), залесены, вода темная. Восточнее и северо-восточнее озера расположены болота правильной округлой формы с плоским дном и поперечником 50–60 м.

Вода Дреминского озера имеет минерализацию 213,7 мг/л и относится к  $\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{Ca}$  гидрохимической фации.

В Бурцевской карстовой депрессии озера приурочены к ее дну. Наиболее крупные озера находятся вблизи фермы и два небольших – севернее д. Бурцево. Озерная система начинается болотом, расположенным в верховьях ложбины, впадающей в долину р. Сединки. Болото заросло кустарником, камышом, осокой и другой болотной травой. Вода видна только у западного берега, ширина полоски воды не превышает 3 м. На юг от болота идет пологая ложбина до оз. Бурцевское.

Оз. Бурцевское имеет начальные признаки заболачивания. Оно представляет собой сдвоенную воронку, заполненную водой. Длина озера 85 м, ширина одной воронки 63 м и другой 30 м. Наибольшая глубина – 7,5 м выявлена в восточной воронке. Западная часть озера мелкая, дно илистое. Весной вода из озера переливает по ложбине на север к болоту. От западной части озера отходит ложбина к оз. Березовому. Поперечник его 55–60 м. Большая часть озера покрыта неподвижной слявиной, на которой растут осока, камыш, кустарник, березки; толщина ее около 60–65 см. В середине озера имеется окно воды с поперечником около 9 м. Глубина у края слявины в 25 м от западного берега составляет 8 м. В юго-восточной части это озеро соединяется с Южным.

Оз. Южное имеет сложную ванну, состоящую из нескольких воронок. В озерную котловину с ю.-з. впадает лог. Берега озера заболочены, местами к ним как бы припаяна слявина.

Небольшие островки сплавины с поперечником 5–6 м переносятся ветром то к одному, то к другому берегу. Длина озера около 200 м, ширина 80 м при ширине воды около 20 м. Глубина озера у берега – 3,3 м, у края сплавины – 4,6 м.

В 12–14 м юго-восточнее оз. Южного расположено озеро, имеющее в плане вид восьмерки. Общая длина озера около 40 м, ширина меньшей воронки – 11,5 м, большей – 20 м. Поверхность его покрыта ряской. Восточный берег крутой и высокий.

В 45 м юго-западнее оз. Бурцевого находится небольшое озерцо с грязной водой. По берегам его растет кустарник. Глубина озера не превышает 0,5 м, форма его овальная с длиной 7,5 м и шириной 5,4 м. Высота берегов 0,2–1 м.

Юго-западнее этой группы озер у дороги на д. Бурцево расположены еще два болотца размером 24 и 13 м. Одно из них заросло осокой, другое покрыто мхом. На северной окраине д. Бурцево описано озеро округлой формы с поперечником около 20 м и глубиной 1 м.

В 1957 г. химиком Е. Н. Черногуз были произведены химические анализы проб воды из пяти озер, а в 1958 г. Т. В. Кирилловых – из трех. Минерализация воды озер колеблется от 100 до 300 мг/л. Озера относятся к  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$  и  $\text{HCO}_3\text{-Ca-NO}_3$  гидрохимическим фациям.

Высокое содержание нитратов в одном из озер объясняется близостью животноводческой фермы.

Вода мягкая, жесткость составляет 2,2–10,0 Н°.

Намечается зависимость минерализации от массы озерной воды. Состав воды озер указывает на их преимущественно атмосферное питание.

В Мазуевской депрессии выделяются две группы озерных котловин (рис. 19). К первой относятся озера: Большое, Малое, Черная Яма, Светлая Яма, озеро со сплавиной.

Большое озеро имеет овальную форму и вытянуто с запада на восток на 160 м при ширине 57 м. Берега его резко асимметричны. Северный берег крутой, обрывистый с выходами



Рис. 19. Озера Мазуевской депрессии: 1 – озера, 2 – сплавины, 3 – сухие воронки.

коренных пород – гипсов (рис. 20). Высота его достигает 40 м. Южный, более пологий, склон имеет высоту около 25 м. Сравнительно невысоким гребнем озеро отделяется на востоке от оз. Черная яма, а на западе от оз. Малого. Замеры, произведенные 21 июля 1957 г., показали наибольшую глубину 5,75 м. 10 июля 1958 г. были составлены профили котловины по трем поперечникам. Наибольшая глубина – 5,1 м – была обнаружена в 24 м от северного берега (рис. 21). Дно озеро илистое, вязкое, берега заболочены незначительно.

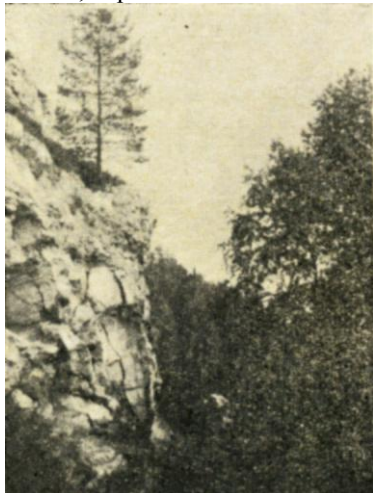


Рис. 20. Крутой склон Мазуевской депрессии.

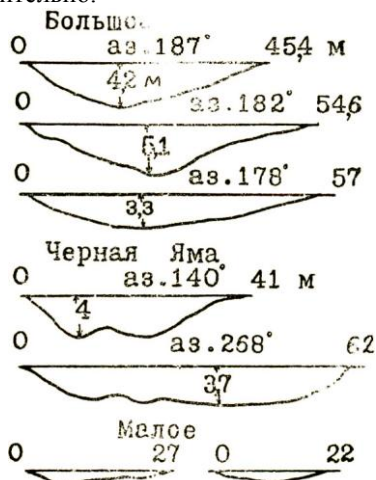


Рис. 21. Профили озерных котловин Мазуевской депрессии.

В 150 м северо-западнее оз. Большого находится оз. Малое с длиной 27 м и шириною 22,4 м. Глубина его 1,5 м, береговая полоса шириною до 2 м заросла осокой. В воде много водорослей.

Оз. Черная Яма расположено юго-восточнее оз. Большого. Форма его – овальная с длиной 62 м и шириною 41 м (10/VII 1958). Глубина озера достигает 4,35 м, дно его плоское. Северный и северо-восточный склоны высокие и крутые, южный – положе и ниже. Береговая полоса шириною до 2,5 м заросла осокой.

Оз. Светлая Яма вытянуто с ю.-в. на с.-з. на 100 м при ширине до 40 м. Берега его резко асимметричны. Северо-восточный склон высокий (до 40–50 м) и крутой, углы наклона его местами достигают 40–49°. Юго-западный склон

имеет высоту 19,5 м при углах наклона до 28°. На восточном склоне выходят листоватые мергели. Береговая полоса шириною около 1 м занята водорослями. Вода в озере зеленоватого цвета, замеры глубин не производились. Берега сильно залесены.

Озеро со сплавиной расположено в 80 м юго-восточнее оз. Светлая Яма. Форма его в плане почти округлая, поперечник около 40 м. Большая часть озера затянута сплавиной, на которой растут молодые березки. В северо-западной части озера в воде стоят стволы больших берез. Максимальная ширина водной поверхности в северо-восточной части 10 м, а глубина 3,3 м. Вода коричневого оттенка.

Вторая система котловин начинается озером Карасьим. Котловина оз. Карасьего вытянута почти с севера на юг на 400 м и при ширине 70–120 м (рис. 19). Склоны ее асимметричны: восточный выше и круче западного. Высота северо-восточного склона достигает 25–30 м, а уклон – 29–40°. Западный берег прорезан оврагами с плоскими заболоченными днищами. Большая часть озера затянута сплавиной. Вдоль северного и западного берегов протягивается полоса свободной водной поверхности шириною от 4 до 30 м. Местами в сплавине видны окна воды. В 280 м от северного конца озера производился замер глубины. На расстоянии 25–30 м от западного берега глубина составляла 8 м, а у сплавины 7,7 м. В южной части озера сплавина подходит к берегу, к юго-западной части его примыкает воронка, заполненная водой. Южный берег озера низкий с многочисленными воронками и блюдцами. Отдельные воронки неправильной формы разделяются перемычками – гребнями. Дно некоторых воронок заболочено. Здесь часто встречаются обломки известняка, сильно кавернозного, пористого, с выделениями вторичного кальцита на стенках каверн. Местами в юго-восточной части на склоне можно видеть плитки доломита.

Юго-восточнее озера Карасьего расположена Средняя котловина с идеально плоским дном, представляющим древнюю сплавину. Поперечник дна ее около 60 м. На нем изредка растут березки. Северный и восточный склоны котловины высокие и крутые, сильно залесены. Западный склон неровный, осложнен воронками.

Невысокой перемычкой, поднимающейся над плоским дном на 3–4 м, эта котловина отделяется от Южной, которая также представляет одну из последних стадий развития озерных ванн. Дно ее покрыто сплошным ковром – сплавиной, на которой растут камыш, редкий ступарник, небольшие березки. Только в северо-западной части местами вблизи берега видны окна воды диаметром до 2,5 м. Дно имеет овальную форму длиной 240 м и шириной до 140 м. Юго-западный и западный

склоны неровные, с пологими ваннообразными углублениями; южный, восточный и северо-восточный склоны высокие и крутые. У тракта высота склона достигает 26 м. На склоне встречаются обломки кавернозного известняка. В средней части юго-западного склона видны 2 глыбы гипса, сильно выветрелого.

Химический состав озер Мазуевской депрессии очень разнообразен. Озера Малое, Карасье, Черная Яма и озеро со сплавинной характеризуются пресной водой с минерализацией от 180 до 354 мг/л и жесткостью от 3,6 до 12,3 Н°. Они относятся к гидрокарбонатно-сульфатно-натриевой, гидрокарбонатно-натриево-кальциевой, гидрокарбонатно-кальциево-сульфатной и гидрокарбонатно-кальциево-магниевой гидрофациям.

Оз. Большая Яма имеет минерализацию 764 мг/л при жесткости 25 Н° и относится к сульфатно-кальциево-гидрокарбонатной гидрохимической фации. Наиболее высокой минерализацией воды – 1525 мг/л – отличается оз. Светлая Яма. Жесткость достигает здесь 59 Н°, а гидрохимическая фация – сульфатно-кальциево-гидрокарбонатная.

В Дикоозерской карстовой депрессии расположено 8 озер (рис. 22).

Оз. Дикое находится на дне депрессии почти в центре д. Дикое озеро, восточнее тракта. Оно вытянуто с севера на юг на 400 м, ширина его достигает 140 м. 18 июля 1958 г. производились замеры глубин озера по 4 поперечникам. Наибольшая глубина составила 6,8 м. В южной части озера у западного берега находится остров длиной 20 м и шириной 10 м. Берега озера асимметричны. Западный ниже (6 м) и положе (23°) восточного, высота которого около 11 м, а угол наклона 25–30°. Берега слабо заболочены. Местные жители рассказывают, что в южной части озера несколько лет тому назад произошел провал. К северу от озера тянется понижение длиной около 60 м, по которому весной переливает вода.

Оз. Дикое Малое вытянуто с севера на юг на 118 м при ширине 96 м. 30 июля 1957 г. были замерены глубины в 8 точках. Наибольшая глубина – 3,15 м – была обнаружена почти в середине озера, несколько ближе к южному берегу. 18 июля 1958 г. были замерены глубины по двум линиям. Наибольшая глубина – 3,25 м – была обнаружена в 29,5 м от восточного берега. Береговая полоса заболочена. Ширина заболоченной части достигает 4 м. Местами имеется сплавина. Берега озера асимметричны. В 8 м севернее оз. Дикое Малое расположено болотце, в котором сохранилось только окно воды диаметром 1,5 м.

В северном конце д. Дикое озеро западнее тракта на склоне карстовой котловины имеются два небольших озера.

Оз. Северное 1 имеет овальную форму с поперечниками 26 и 19,2 м и наибольшую глубину 0,6 м. В озере много водорослей. Ширина полосы, заросшей осокой, достигает 3 м. Северо-западный берег покрыт ивой. Оз. Северное 2 овальной формы с длиной 40 м и шириною 31 м менее заболочено. Глубина его 1,5 м. Береговая полоска шириною до 1 м заросла осокой.

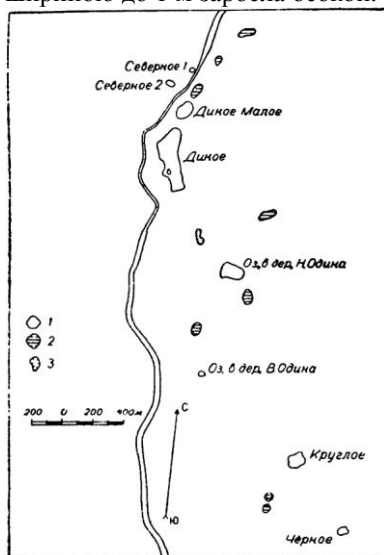


Рис. 22. Схема расположения озер Дикоозерской депрессии: 1 – озера, 2 – болота, 3 – воронки.

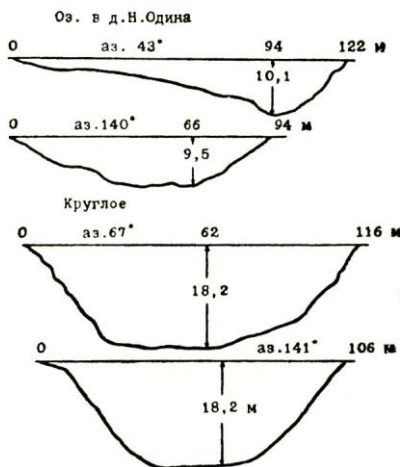


Рис. 23. Профили озерных котловин Дикоозерской депрессии.

В д. Нижняя Одина расположено глубокое карстовое озеро. Оно имеет овальную форму и вытянуто на 122 м (аз. 57°) при ширине 94 м. Г. С. Польшгаловой замерены глубины в 12 точках (30/VII 1957). Наибольшая глубина была равна 19 м. В 1958 г. были составлены два профиля (рис. 23). Линии профилей были выбраны неудачно, так как наибольшие глубины не попали на них. Северный, восточный и южный берега озера высокие (34,5 м) и крутые (32–36°), а западный – низкий (4,5 м). При высоких уровнях из этой части озера наблюдается сток.

Озеро в д. Верхняя Одина овальной формы длиной 30 м и шириной 27 м. Наибольшая глубина по короткому поперечнику – 4,9 м. Вода покрыта ряской. Вдоль берега тянется полоса шириною около 1 м, покрытая осокой.

Оз. Круглое возле фермы в д. Верхняя Одина – овальной формы с поперечниками 106 и 116 м, имеет асимметричные берега. Восточный и юго-восточный берега высотой до 11 м и наклоном поверхности – 27°, западный и северо-западный – низкие, местами в них обнажаются суглинки. В западной части из озера вытекает ручей с расходом около 2 л/сек. В северо-восточном берегу имеется источник с дебитом около 0,38 л/сек. Весной уровень озера сильно поднимается и сток из озера усиливается. Берега заросли болотной травой. В западной части озера ширина заболоченной полосы достигает 10 м. По замерам Г. Польшгаловой (30/VII 1957), наибольшая глубина составляла 18 м. На рис. 23 приведены профили озерной ванны по двум линиям, составленные по данным замеров 19 июля 1958 г. На берегу озера стоит водонапорная башня.

Оз. Черное расположено в 450 м на ю.-ю.-в. от оз. Круглого, в крупной карстовой котловине. Крутые и высокие берега ее асимметричны. Высота западного берега около 22 м. Северо-восточный берег значительно выше. Озеро имеет овальную в плане форму при длине 44 м и ширине 36 м. По данным замеров 30 июля 1957 г., глубина в середине составляла 3,2 м. Поверхность озера покрыта ряской, склоны залесены. Озеро усыхает. Местные жители рассказывают, что раньше из озера был сток.

Озера Дикоозерской карстовой депрессии находятся в различных стадиях заболачивания. В 1958 году были произведены анализы воды из 7 озер. Вода их слабо минерализована (189–325 мг/л), мягкая (3,6–7,5 Н°), относится к  $\text{HCO}_3\text{--Ca--SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Ca}$ ,  $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Na}$ ,  $\text{HCO}_3\text{--Na--SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3\text{--Na--Ca}$  гидрохимическим фациям.

Озера Суксунско-Советинской эрозионно-карстовой депрессии приурочены к небольшим котловинам и воронкам на левом склоне долины р. Советянки и в окрестностях д. Киселево. В 1,3 км северо-западнее с. Советная, западнее тракта расположено оз. Букино. Оно приурочено к плоскому дну котловины. Форма его овальная. По замерам 19 июля 1958 г., длина озера 67 м, ширина – 51 м, наибольшая глубина 2,1 м. По сравнению с 1957 г. озеро сильно высохло.

Озеро 1 овальной формы, расположено в северном конце с. Советная. Длина его 72 м, ширина 41 м, наибольшая глубина, по данным замеров 22 июля 1959 г., – 3 м. Ширина заболоченной части достигает местами 5 м. Берега асимметричны, имеют высоту от 2 до 13 м.

Озеро 2 находится юго-восточнее озера 1 и имеет овальную форму с длиной 36 м и шириной 28 м. Глубина его – 1,2 м. Юго-восточная часть озера заросла хвощом и осокой. Ширина заболоченной части здесь достигает 6 м, а в остальных местах – 2 м.

Озеро 3 расположено по левому берегу р. Каменки в 180 м от ее устья.



Поперечник его 11 –13 м, глубина 1,3 м. Поверхность покрыта ряской. Берега асимметричны с высотой от 4 до 23 м.

Озера 4–5 находятся между логом и р. Советянкой, примерно в 3 км от ее устья. Озеро 4 овальной формы с длиной 21,3 м, шириною 19 м и глубиною 1,5 м, у берегов заболочено. Озеро 5 в плане имеет овальную форму с длиной 11,9 м и шириною 8,2 м при глубине 0,9 м. Берега низкие (0,2–0,5 м), задернованы. Озеро зарастает болотной травой. Озера 6 и 7 имеют небольшие размеры и расположены по левому берегу р. Советянки выше г. Крутой. Данные о других озерах приведены в табл. 2.

Таблица 2

Озера и болота Суксунско-Советинской депрессии  
(июль 1958 г.)

№ Озера	Размеры воронки, м			Размеры воды, м			Примечание
	ширина, м	длина, м	глубина до воды, м	ширина, м	длина, м	глубина, м	
8	25	35	5	–	–	0,5	
9	15	17	2	–	–	6-7	
10	16	18	1,5	–	–	1,5	
11	84	84	–	–	–	0,4	Заросшее
12	35	35	8	8	10	0,3	
13	42	55	4,2–9,4	25	29	–	Заросло осокой
14	30	60	Низкие	–	–	–	Болото
15	27	27	2,4	–	–	–	
16	40	40	–	–	–	–	
17	30	35	–	15	20	1,5	
18	20	20	1,5	–	–	0,5	
19	60	65	–	35	40	3–4	
20	60	80	8	–	–	–	Болото
21	30	35	0,5	–	–	–	Болото
22	18	20	1,0	–	–	–	Болото
23	25	30	1,0	–	–	–	Болото
24	40	50	Неглубокое	–	–	1,0	Заросло ивой
25	27	31	До 3	18	22	до 2	
26	30	40	–	–	–	–	Болото
27	27	30	–	–	–	–	Болото
28	40	40	–	15	15	1,5	Заболочено
29	28	32	3–6	15	15	3	
30	26	33	2,9	–	–	1,5	Со сплавиной
31	21	23	3,2	–	–	2,0	

Озера 8–12 расположены по левобережью р. Советянки, 13–31 – в окрестностях д. Киселево. Озера в окрестностях д. Киселево имеют небольшие размеры. Глубина их обычна менее 2 м. Многие озера сильно заболочены. Характерно большое количество плоских болот.

В июле 1958 г. было отобрано 9 проб воды на химический анализ из озер, расположенных на левобережье р. Советянки, и 13 из озер и болот окрестностей д. Киселево. Преобладающая часть озер имеет преимущественно атмосферное питание. Вода их пресная с минерализацией от 61 до 368 мг/л, мягкая или умеренно-жесткая, относится к  $\text{HCO}_3\text{-Ca-SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Cl}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-Cl-Ca}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-Na-SO}_4$  и  $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Na}$  гидрохимическим фациям. Озера 3 и 4 имеют минерализацию 572–641 мг/л и относятся к  $\text{HCO}_3\text{-Ca-SO}_4$  гидрохимической фации. Вода в болоте 14 наиболее минерализована – 766 мг/л. В питании этих озер и болота принимают участие подземные воды.

По правобережью р. Иргины на древней, сильно закарстованной террасе восточнее с. Б. Ключи некоторые воронки заполнены водой. Здесь описано 3 озера с поперечниками 30–90 м и низкими берегами, покрытых сплавиной и заболоченных, а также 7 болот с поперечниками 18–47 м. Южнее д. Дьяковка почти до Сибирского тракта заболоченные озера и плоские блюдца являются преобладающей формой.

Наиболее значительно озеро в д. Дьяковка длиной 180 м и шириной 35 м. Западнее у дороги на дне карстовой воронки находится небольшое Мостовское озеро.

Севернее Сибирского тракта расположено оз. Ложбинное длиной 25 м, шириной 15 м при высоте берегов от 2,5 до 6 м. В 40 м севернее Сибирского тракта обследовано оз. Карасье. Котловина его представляет собою сдвоенную воронку. Поперечник большей части – 23 м, глубина 1,30 м, а меньшей соответственно 18 м и 0,84 м (17/VIII 1958). Дно илистое. Берега имеют высоту 7 м, наклон от 10–12° в нижней части до 35° в верхней.

На с.-з. от оз. Карасьего тянется цепь воронок, находящихся в разных стадиях развития. Воронка, расположенная в 4 м от оз. Карасьего, заполнена водой и представляет собой озерцо с поперечником около 30 м и высотой юго-восточного берега 7 м. Оно отделяется небольшой перемычкой от озера, покрытого сплавиной, с поперечником около 25 м. Это озеро примыкает к болотцу, заросшему осокой, с поперечником 24 м.

Северо-восточнее оз. Карасьего, в логу, описано небольшое оз. Ложковое с длиной 25, шириной 20 м и высотой берегов 1,3–1,8 м. Южнее Сибирского тракта описано пять озер.

Озера	Размеры воронки, м		Размеры воды, м	
	длина и ширина	глубина до воды	поперечник	глубина
1	40–42	9,5	15	0,7
2	140–60	–	36	Около 5
3	50–52	6,1	18	Заросло осокой
4	50–65	3,9	28	Около 5–7
5	40–45	1,5–2	30–40	5

Осенью 1958 г. были отобраны пробы воды из 8 озер. Минерализация воды в озерах колеблется от 82 до 290 мг/л. Жесткость составляет 1,6–8,9 Н°. Вода относится к  $\text{HCO}_3\text{--Ca--Na}$ ,  $\text{HCO}_3\text{--Na--Ca}$ ,  $\text{HCO}_3\text{--Ca--NO}_3$ ,  $\text{HCO}_3\text{--Ca--Cl}$ ,  $\text{HCO}_3\text{--Na--NO}_3$  фациям. Озера имеют преимущественно атмосферное питание. Вода их часто загрязнена нитратами и хлоридами, содержание которых достигает 30 мг/л.

*Химический состав вод карстовых озер* охарактеризован на основании 120 химических анализов, отобранных в основном в июне – июле 1958 г. и частично в летние периоды 1957–1959 гг. Из оз. Молебное пробы отбирались в течение нескольких лет.

Минерализация воды в них колеблется от 61 до 2477 мг/л. Основными ионами являются  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+(\text{K})^+$ .

Химический состав вод озер, как указывает О. А. Алекин (1953), генетически определяется всем комплексом климатических, гидрологических, гидрогеологических, почвенных, геологических и других условий, характеризующих бассейн водосбора озера. Карстовые озера подчиняются общим закономерностям формирования химического состава природных вод.

Влияние физико-географических факторов, обусловленных широтной климатической зональностью, проявляется в преобладании ультрапресных и пресных озер с гидрокарбонатнокальциевой водой. По Г. А. Максимовичу (1955), это – зона преобладания гидрокарбонатно-кальциевых гидрохимических фаций озер лесного пояса северного полушария. В заболоченных озерах появляются  $\text{HCO}_3\text{--Na}$  воды.

На состав воды озер в данном районе значительное влияние оказывают автономные гидрогеологические и геологические факторы. Наличие в Предуральском прогибе гипсов и ангидритов, а также сульфатных карстовых вод с повышенной минерализацией приводит к появлению в лесной зоне солончатых озер сульфатного состава. Влияние этих факторов на состав озерной воды проявляется по-разному в зависимости

от условий питания, времени года и стадии развития озерной котловины (К. А. Горбунова, 1963).

В карстовых районах встречаются озера с преимущественно атмосферным, подземным и смешанным питанием. Озера на низких террасах в половодье соединяются с рекой. Основными источниками питания карстовых озер исследованного района являются атмосферные осадки, грунтовые и карстовые воды. Меньшую роль играют трещинно-пластовые воды мергелей и песчаников, местами загипсованных.

Приведем данные о химическом составе различных типов вод, питающих карстовые озера, обследованных летом 1958 г.

Типы воды	Минерализация, мг/л	Гидрохимическая фация
Атмосферные осадки	15	HCO <sub>3</sub> -Ca
Грунтовые воды		
с. Усть-Кишерть	552-1925	HCO <sub>3</sub> -Ca, HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>
д. Зуево	519-2233	HCO <sub>3</sub> -Ca, HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>
Карстовые воды		
родник у д. Зуево	2615	SO <sub>4</sub> -Ca
родники у д. Низкое	1800-2345	SO <sub>4</sub> -Ca, SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>
скважина у д. Гарино	2438	SO <sub>4</sub> -Ca
Трещинно-пластовые воды		
родник восточнее оз. Лапаево	917	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
родник у оз. Дикое	476	HCO <sub>3</sub> -Ca

Атмосферные осадки имеют минерализацию 15 мг/л. Состав их гидрокарбонатно-кальциевый. Минерализация грунтовых вод изменяется от 519 до 2233 мг/л в местах подтока сульфатных карстовых вод. Состав их пестрый: HCO<sub>3</sub>-Ca, HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>. Наиболее высокую минерализацию 1800-2615 мг/л и сульфатно-кальциевый состав имеют карстовые воды сульфатных отложений. Источники, вытекающие из мергелей и песчаников, отличаются различной минерализацией в зависимости от загипсованности этих отложений.

Сопоставляя химический состав атмосферных осадков, подземных вод и карстовых озер, можно выделить преобладающий источник питания для отдельных озер.

Преобладающий источник питания	Дата	Название озера	Минерализация, мг/л	Состав
	обследования			
Карстовые воды (К)	17/VI 1958	Зуевское	2076	SO <sub>4</sub> -Ca
	7/VIII 1957	Светлая Яма	1525	SO <sub>4</sub> -Ca

Грунтовые воды (Г)	13/III 1958	Молебное	424	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4$
	13/III 1958	Провал	461	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4$
Атмосферные осадки (А)	1/VI 1958	Лысково	84	$\text{HCO}_3\text{-Ca}$
	18/VI 1958	Провал у д. Пеньки	67	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4$
	6/VII 1958	Советинское 9	96	$\text{HCO}_3\text{-Ca}$
	6/VII 1958	Советинское 10	61	$\text{HCO}_3\text{-Ca}$
Смешанное питание				
(Г+А)	24/VI 1958	Молебное	293	$\text{HCO}_3\text{-Ca}$
(Г+А)	17/VI 1958	Яма	420	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4$
(К+А)	10/VII 1958	Большое (Мазуевка)	764	$\text{SO}_4\text{-Ca}$
(К+А)	3/VII 1958	Кишертское 4	851	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4$
(К+А)	25/VI 1958	Кишертское 2	857	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4$
(А+Т*)	18/VII 1958	Дикое	259	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4$
(А+Т)	20/VII 1958	В д. Н. Одина	189	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4$
(А+К)	10/VII 1958	Черная Яма	214	$\text{HCO}_3\text{-Ca}$

Т\* – трещинно-карстовые воды.

Условия питания карстовых озер изменяются по сезонам. Летом увеличивается роль атмосферных осадков, а зимой, когда озера покрыты льдом, – подземных вод. Соответственно изменяются минерализация и гидрохимическая фация. Это можно проследить на примере оз. Молебное. В июне 1958 г. минерализация воды здесь составляла 293 мг/л, а в марте 1958 г. – 424 мг/л. Изменилось и соотношение ионов.

Для некоторых, даже сравнительно небольших карстовых озер установлено изменение минерализации и состава по площади и с глубиной (Р. В. Яценко, 1963), а также по мере развития озерной котловины. 28 декабря 1963 г. были отобраны пробы воды в оз. Молебное через каждые три метра. Изменение минерализации с глубиной отражено на рис. 24. Увеличение минерализации на глубине 9 м вызвано подтоком грунтовых вод.



Рис. 24. Изменение минерализации оз. Молебное с глубиной.

Таблица 3

## Химический состав воды озера Провал, мг/л

№ п/п	Дата анализа	НСО <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Сумма ионов	Аналитик или автор
1	28/VIII-49	231	451	42	160	69	15	967	Буданов Н. Д.
2	26/IX-49	183	596	29	281		50	1139	Буданов Н. Д.
3	Лето 1951	126	205	—	96	19	—	446	Гаусон А. О. (1954)
4	Лето 1954	118	58	15	29	12	8	240	Голубева Л. В.
5	17/V-55	98	48	10	33	8	10	207	Минина В. С.
6	13/VII-55	85	98	13	34	8	31	269	Ашихмин Е. А.
7	10/VII-57	165	70	18	50	26	—	329	Черногуз Е. Н.
8	13/III-58	195	130	21	76	25	10	461	Кирилловых Т. В.
9	21/VII-58	61	96	15	24	15	28	253	Кирилловых Т. В.
10	15/II-60	201	38	25	66	13	7	356	Кирилловых Т. В.

В колодце вблизи озера минерализация воды достигает 931,4 мг/л.

Накопление донных осадков в озере приводит к уменьшению роли подземных вод и увеличению значения атмосферных осадков в их питании. В течение ряда лет в оз. Провал (с. Усть-Кишерть) наблюдается понижение минерализации (табл. 3) в среднем от 1000 мг/л до 350 мг/л.

В анализах 7–10 определялись также нитриты, нитраты и ион аммония.

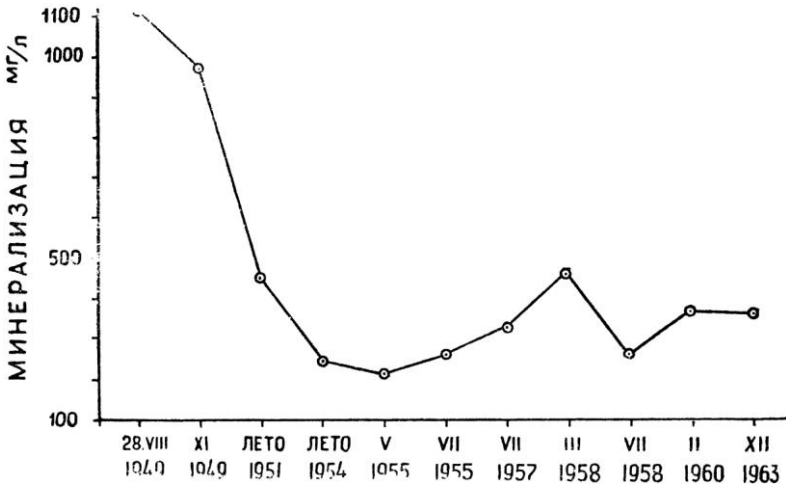


Рис. 25. Изменение минерализации воды оз. Провал во времени.

На фоне общего уменьшения минерализации проявляются сезонные колебания (рис. 25).

Осадконакопление и заболачивание в карстовых озерах сопровождается уменьшением минерализации воды. Приведем данные о химическом составе некоторых озер разных стадий заболачивания.

Стадия	Название озера	Минерализация, мг/л	Гидрохимическая фашиа
1	Большое (Мазуевская группа)	764	SO <sub>4</sub> -Ca-HCO <sub>3</sub>
1	Дикое	259	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Na
2	Южное Бурцевское	114	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca
2	Дикое Малое	218	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca
3	Карасье	180	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Na
3	Озеро со сплавиной (Бурцевское)	100	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca
3	Озеро со сплавиной (Мазуевское)	184	HCO <sub>3</sub> -Na-Ca
4	Болото в д. Н. Кучата	151	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Na
5	Яма в с. Усть-Кишерть	420	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca
5	Малое (Мазуевское)	354	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg

Слабозаболоченные озера имеют пеструю минерализацию и разнообразный состав воды, которые зависят от глубины и положения дна котловины относительно уровня карстовых вод.

Озера второй и третьей стадий характеризуются пресной водой с минерализацией обычно менее 200 мг/л. В воде преобладает гидрокарбонатный ион, сульфат-ион занимает второе место. По мере заболачивания в воде появляются ионы натрия, хлора, нитритный и нитратный.

Данные 50 химических анализов озерной воды нанесены на график (рис. 26). Увеличение минерализации озерной воды сопровождается изменением соотношения главных ионов.

При минерализации менее 0,9–1,0 г/л озера имеют гидрокарбонатно-сульфатную или гидрокарбонатно-кальциевую воду. С повышением минерализации увеличивается содержание сульфат-иона и уменьшается гидрокарбонатного иона вследствие частичного выпадения в осадок карбонатов кальция. При минерализации более 1 г/л вода сульфатно-гидрокарбонатная или сульфатно-кальциевая. Повышение минерализации воды в озерах гипсового карста идет в основном за счет сульфат-иона.

При минерализации более 2 г/л вода озер относится к сульфатно-кальциевой.

Площади с озерами, состав которых не типичен для данной климатической зоны, а определяется литологическими и гидрогеологическими условиями, выделяются в особые автономные гидрохимические районы и участки географических зон и поясов (Г. А. Максимович, 1961).

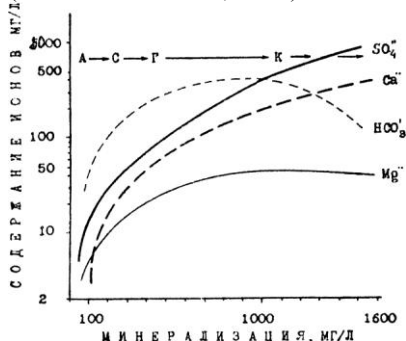


Рис. 26. Изменение содержания главных ионов в зависимости от минерализации для озер сульфатного карста. Питание преимущественно: А – атмосферными осадками, С – смешанное, Г – грунтовыми водами, К – карстовыми водами.

Соотношение местных факторов, влияющих на формирование химического состава озерных вод, изменяется во времени по мере развития карстового рельефа. В ранние стадии, когда поверхность карстующегося массива залегает высоко над уровнем систем, дренирующих карстовые воды, озера возникают в закольматированных воронках и котловинах. Они питаются главным образом атмосферными осадками и частично грунтовыми водами. Химический состав таких озер формируется под влиянием зональных физико-географических факторов. Минерализация их обычно не превышает 200 мг/л. Преобладают гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-натриевые, а в местах загрязнения – нитратные, гидрохимические фации (рис. 27, А). К данному типу относятся озера, расположенные севернее р. Сылвы.

По мере развития гипсового карста и понижения земной поверхности дно озерных ванн приближается к уровню карстовых вод или вскрывает обособленные водоносные трещины. Этот процесс часто сопровождается провалами, он приводит также к увеличению роли сульфатных карстовых вод в питании озер. На формирование химического состава озерной воды начинают оказывать влияние автономные литологические и гидрогеологические факторы. Появляются озера, характеризующиеся гидрокарбонатно-сульфатными, сульфатно-гидрокарбонатными фациями с минерализацией до 2 г/л (рис. 27, Б). Примерами являются оз. Светлая Яма и оз. Большое в Мазуевской депрессии.



Дальнейшее заиливание и заболачивание озер препятствует притоку сульфатных карстовых вод в котловину. Преобладание снова переходит к атмосферному питанию. Минерализация воды и содержание сульфатов постепенно уменьшаются. Как и в начальную стадию, преобладающими становятся гидрокарбонатно-кальциевые (или натриевые) фации, а состав озерной воды формируется под влиянием широтных климатических и физико-географических факторов (рис. 27, В, Г).

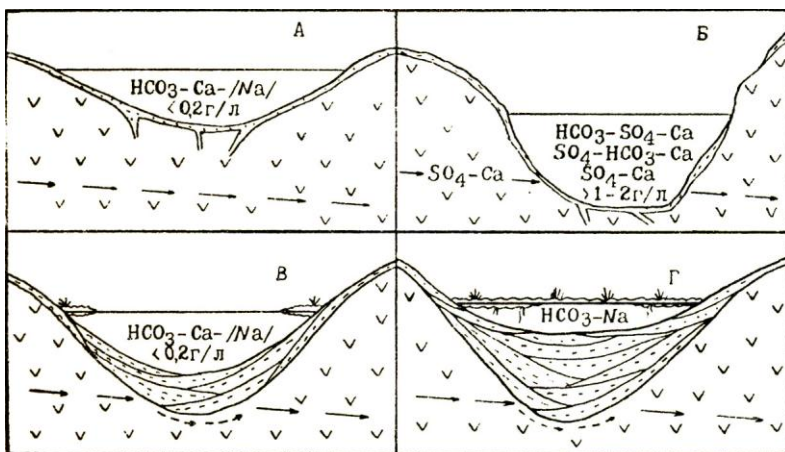


Рис. 27. Эволюция озер сульфатного карста.

## ВЛИЯНИЕ КАРСТА НА РЕЧНУЮ СЕТЬ

Территория Кишертско-Суксунского карстового района относится к бассейну р. Сылвы, берущей начало на крайней западной гряде Среднего Урала.

От устья р. Тисы до устья р. Таза р. Сылва течет примерно в меридиональном направлении, вдоль центральной части Предуральяского прогиба. Ниже устья р. Таза река поворачивает на юго-запад, образуя в районе с. Усть-Кишерт крутую излучину. Западнее с. Усть-Кишерт она пересекает Уфимское плато и ниже г. Кунгур течет снова на север. Река отличается значительной извилистостью, большим количеством крутых поворотов, излучин. Речное русло неустойчиво, о чем свидетельствуют многочисленные притоки и старицы.

Влияние карста отражается на химическом составе и расходах реки. Замеров расходов на закарстованных участках не

Таблица 41

**Изменение минерализации и содержания сульфат-иона в р. Сылве**

№ пробы	Место отбора пробы	Минерализация, мг/л	SO <sub>4</sub> , мг/л	Гидрохимическая фация	жесткость, мг-экв	Дата отбора пробы
954	с. Торговище	391	86	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	5,0	23/VIII 1959
955	д. Сивково	399	86	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	5,2	25/VIII 1959
983	д. Тохтарево	361	55	HCO <sub>3</sub> -Ca-SO <sub>4</sub>	4,7	5/IX 1959
3	выше устья р. Мазуевки	330	14	HCO <sub>3</sub> -Ca-NO <sub>3</sub>	4,3	5/VII 1958
2	ниже устья р. Мазуевки	447	106	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Mg	4,9	5/VII 1958
378	выше устья р. Лека	479	149	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	5,1	4/VIII 1959
379	ниже устья р. Лека	489	144	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	5,0	4/VIII 1959
427	выше устья р. Барды	411	101	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	5,3	27/VII 1959
426	ниже устья р. Барды	493	132	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	5,8	27/VII 1959
88	д. Сухой Лог	375	53	HCO <sub>3</sub> -Ca-SO <sub>4</sub>	4,9	5/VII 1959
89	ниже д. Пеньки	396	60	HCO <sub>3</sub> -Ca-SO <sub>4</sub>	4,8	5/VII 1959
20	у д. Посад-Кишертъ	350	43	HCO <sub>3</sub> -Ca-SO <sub>4</sub>	4,9	30/VI 1959
126	у устья р. Кишертки	455	130	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	4,9	8/VII 1959
127	у устья р. Кишертки	447	125	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	5,2	8/VII 1959
76	выше устья р. Кишертки	568	182	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	6,3	25/VII 1958
77	ниже устья р. Кишертки	561	173	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	7,4	25/VII 1958

производилось. Ниже с. Усть-Кишерть р. Сылва становится многоводнее. Здесь в нее разгружаются карстовые воды Уфимского вала. В таблице 4 приведены данные о минерализации, содержании сульфат-иона и гидрохимических фациях р. Сылвы на разных участках.

Хотя пробы отбирались в разное время, все же можно сделать вывод, что вблизи устьев притоков, текущих по закарстованным участкам или дренирующих сульфатные карстовые воды, минерализация и содержание сульфат-иона в реке увеличиваются. На участке между устьем р. Мазуевки и д. Куделькино минерализация достигает 411–493 мг/л, а содержание сульфат-иона 101–149 мг/л. Подобные же изменения наблюдаются вблизи устья р. Кишертки. Чем больше река, тем меньше ощущается на ней влияние карста. Небольшие притоки не могут существенно изменить гидрохимический облик р. Сылвы. На всем ее протяжении сохраняется одна гидрокарбонатная формация. Незначительное увеличение сульфат-иона приводит к появлению гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевых гидрохимических фаций.

Влияние сульфатного карста на речную сеть отчетливее прослеживается на небольших реках. При детальной съемке карста нами были составлены гидрохимические профили некоторых рек. Ю. Н. Юшков обследовал также реки Барду и Лек, выходящие за пределы района. Рассмотрим наиболее характерные реки, на которых в той или иной степени сказывается влияние карста.

Р. Березовка – левый приток р. Шаквы, впадающей в р. Сылву. Протяженность ее 12,5 км. 13–22 июля 1959 г. было отобрано 6 проб воды. Минерализация ее изменяется от 527 мг/л до 952 мг/л у д. Морозово, а содержание сульфат-иона соответственно от 27 мг/л до 317 мг/л. Гидрохимическая фация в истоках гидрокарбонатно-кальциево-магниевого, на остальном протяжении преобладает гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевая. В 1,5–1,8 км от устья в р. Березовку впадают два родника с минерализацией 1202–1338 мг/л, которые относятся к сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевой гидрохимической фации.

Р. Таз, правый приток р. Сылвы, протяженностью 26 км, имеет зарегулированный сток. На ней сооружено несколько плотин. На рис. 28 показаны изменения минерализации и содержания главных ионов вдоль реки. Пробы между деревнями Селезни и Осина отбирались 4 июля 1959 г. в сухую погоду.

Понижение минерализации до 804–877 мг/л отмечается в прудах. В д. Осина в пруд впадает р. Мутный Таз с минерализацией 985 мг/л и содержанием сульфат-иона 394 мг/л.

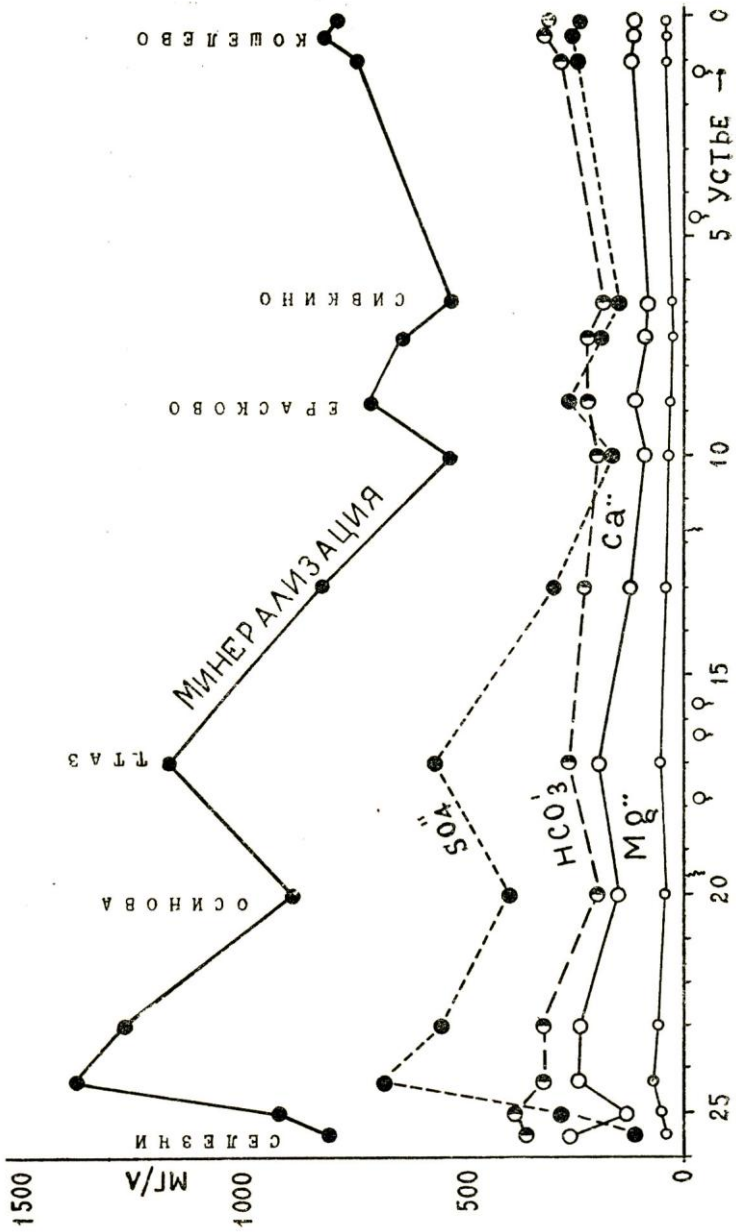


Рис. 28. Гидрохимический профиль р. Таз

Еще более высокую минерализацию – 1253 мг/л и содержание сульфат-иона 557 мг/л имеет р. Казарйнка, впадающая в р. Таз справа ниже пруда.

В среднем течении между деревнями Татарский Таз и Сивкино пробы отбирались 4–5 июля 1959 г. после сильного ливня. Вода в реке была мутная, а расход ее увеличился до 205 л/сек выше устья р. Истяковки. В сентябре ниже д. Шиши минерализация была 860 мг/л, а в д. Ерасково – 822 мг/л. Здесь в р. Таз слева впадает р. Жировка. Минерализация воды в ней до ливня была 630 мг/л, а после него 526 мг/л. В нижнем течении у д. Кошелево пробы воды из реки отобраны в сухую погоду 1 июля 1959 г. Здесь в нее впадает р. Шипиха.

На всем протяжении р. Таз имеет повышенную минерализацию воды, даже после ливня. В среднем течении преобладает сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевая гидрофация, а вблизи устья гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевая. Минерализация повышается скачкообразно за счет увеличения содержания в воде сульфатов.

Р. Кишертка – типичная карстовая река впадает в р. Сылву у с. Усть-Кишертъ. Протяженность ее около 10 км. Упоминание о речке имеется у В. И. Геннина в «Описании уральских и сибирских заводов» 1735 года (1937). Он пишет, что «...речка Кишертъ вершиною выпала выше Стретинского села из ельника, которая течение имеет поверх земли и под землею, и подземельного течения имеет, например, верст до 6».

Начало р. Кишертке дают восходящие источники в Низковской карстовой депрессии. С ю.-з. в депрессию впадает крупный суходол. В настоящее время сток по нему происходит только весной после таяния снега. Сухая долина имеет крутые склоны и узкое дно, по которому прослеживается русло, выложенное крупнообломочным материалом. Раньше по дну суходола, вероятно, текла река, начинавшаяся за Сибирским трактом у с. Сабарка и д. Моргуново. Это показано на атласе Академии наук 1745 г. В. Ф. Богословский (1954) указывает, что река исчезала на участке между деревнями Моргуново и Куликово. На памяти старожилов в с. Сабарка по дну долины текла река.

Исток р. Кишертки сейчас представляет собою восходящий источник, вытекающий в углублении. По сведению местного жителя Боброва река от места выхода текла в одном направлении. Позже, примерно в 1949 г., она была искусственно разделена на два рукава, направленные в противоположные стороны: к д. Низкое и к плотине мельницы.

7–8 июля 1959 г. Л. Н. Усольцев и Ю. Н. Юшков произвели

замеры расходов р. Кишертки способом поплавков, данные которых приведены ниже:

Место замера	Расстояние от устья, км	Расход, л/сек
Северный рукав вблизи истока	–	13,3
Южный рукав вблизи истока	11,2	13,5
Суммарный расход восходящего ключа	11,3	26,8
Левый исток в 60 выше устья	7,9	13,5
Правый исток в 50 выше устья	–	12,0
Кишертка ниже слияния истоков	7,7	26,2
Сединка	0,2	22,6
Кишертка ниже устья Сединки	6,4	48,7
Кишертка выше Зуевского ручья	2,3	51,1
Кишертка ниже Зуевского ручья	2,0	64,4
Кишертка у д. Горшки	0,8	63,6

Южный рукав с расходом около 13,5 л/сек в 150 м от места выхода поворачивает на запад. Вскоре он принимает два притока, начало которым дает восходящий источник, начинающийся в сильно заболоченной местности. В юго-западной части д. Низкое ручей поворачивает на север и течет далее по деревне на с.-в. В северной части деревни он соединяется со вторым рукавом. Ниже места слияния их расход равен 26,2 л/сек.

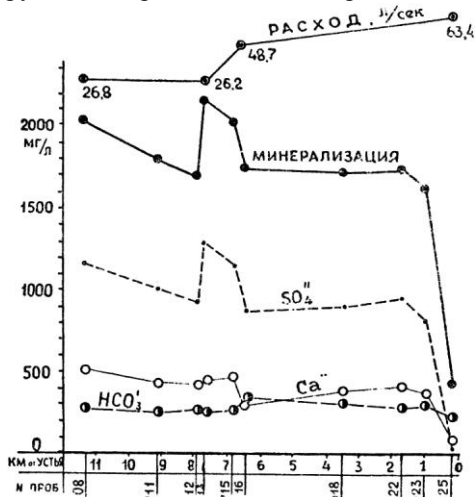


Рис. 29. Гидрохимический р. Кишертки.

р. Кишертки у д. Гарино составлял около 150 л/сек.

При выходе из Низковской котловины р. Кишертка принимает справа приток – р. Сединку, ниже устья которой она течет на север и впадает в р. Сылву. Расход р. Кишертки растет вниз по течению и вблизи устья достигает 63,6 л/сек. После дождей он сильно возрастает. 28 июля 1957 года после дождя расход

Одновременно с замерами расходов отбирались пробы воды на химический анализ. Химический состав р. Кишертки зависит от условий питания и изменяется вниз по течению (рис. 29). В истоках минерализация равна 2030 мг/л (проба 108), а гидрохимическая фация сульфатно-кальциево-гидрокарбонатная. Содержание сульфатного иона достигает 1162 мг/л. Ниже по течению южного рукава, вблизи устья суходола, минерализация уменьшается до 1793 мг/л (проба 111) за счет разбавления более пресными водами, выходящими на дне суходола и поступающими из карбонатных отложений. Заметно растет содержание магния. Ниже впадения северного рукава, вода которого более минерализована, минерализация воды Кишертки, а также содержание в ней сульфатного и кальциевого ионов, увеличиваются (проба 113).

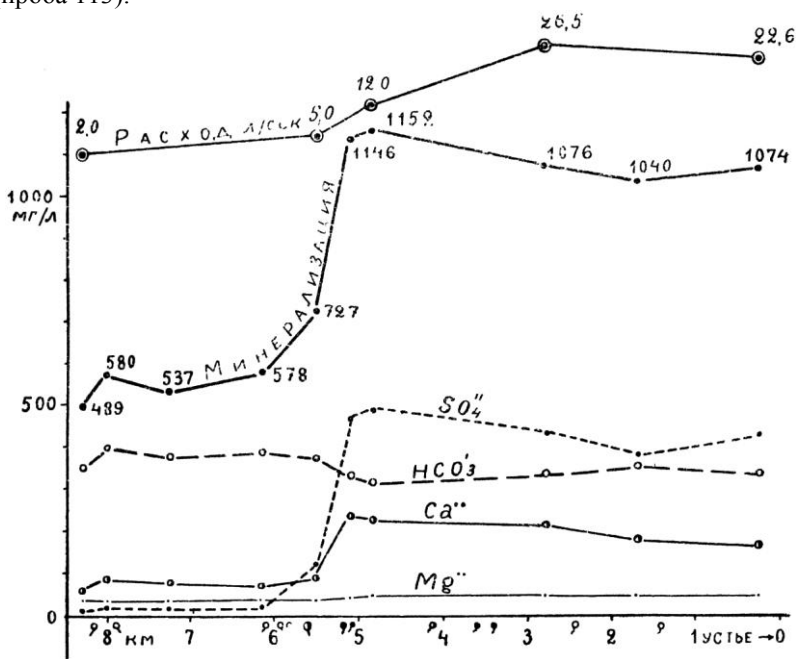


Рис. 30. Гидрохимический профиль р. Сединки.

Ниже устья р. Сединки происходит смешение речных вод различного состава (проба 116). От устья ее до Зуевского родника наблюдается некоторое опреснение воды в р. Кишертке (проба 118). На данном участке справа в нее впадают пресные родники гидрокарбонатно-кальциевого состава. При впадении Зуевского родника кривая минерализации идет вначале вверх, а затем снова понижается. При минерализации менее

1400 мг/л гидрохимическая фация изменяется на сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевую. Вблизи устья она составляет 437 мг/л. Здесь сказывается влияние р. Сылвы. Воды р. Кишертки на значительном протяжении не пригодны для питья вследствие высоких величин минерализации и жесткости.

Р. Сединка – правый приток р. Кишертки, была обследована 16 июля 1959 г. Протяженность ее 8,3 км. Она начинается у д. Соски, сливаясь из двух ручьев. Расход южного истока 3,7 л/сек. Ниже деревни в нее впадает еще один родник из мергелей поповской свиты. В д. Верх-Седа у подножия правого склона из мергелей вытекает три родника. Р. Сединка на этом участке имеет гидрокарбонатно-кальциево-магниевый состав при минерализации 489–580 мг/л. Между д. Верх-Седа и с. Седа долина пересекает карстовую котловину с заболоченным дном. Здесь выходят карстовые воды с минерализацией 1152–1648 мг/л, гидрокарбонатно-сульфатного и сульфатно-гидрокарбонатного состава. Ниже этой котловины гидрохимический облик реки изменяется. Минерализация увеличивается до 1040–1152 мг/л, а преобладающей фацией становится сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевая. В речку впадает 5 ключей с различным составом, которые существенно не влияют на ее химический состав (рис. 30).

Р. Мазуевка – впадает в р. Сылву слева у деревни одноименного названия. Первые сведения о ней в литературе относятся к началу XVIII века (А. А. Преображенский, 1956). В 1703 г. воевода Калитин, занимавшийся разведкой полезных ископаемых в Кунгурском уезде, обнаружил серный ключ на р. Иргине. О подобном же ключе на р. Мазуевке ему сообщил М. Загайнов, который сказал, что на мельничном пруду крестьянина М. Старцева есть «серы горячей сок». Калитин послал посадских людей на р. Мазуевку для взятия пробы «серного сока», приказав им спустить мельничный пруд. Это вызвало противодействие населения. Посланцам Калитина преградил дорогу сам Старцев с детьми и прибежавшими на помощь крестьянами. Угрожая луками, они заставили воеводских посланцев уйти. В 1704 г. на р. Мазуевке была начата постройка молотового завода, владельцем которого был промышленник Ф. Молодой.

В. И. Геннин (1735) писал: «Речка Мазуевка течение имеет из Дикого озера, и как вышла, то шла поверх земли с полверсты и скрылась под землю, шла версты три две и паки вышла наверх земли под Мазуевским заводом, на которой того завода и плотина построена».

Протяженность р. Мазуевки около 6 км. 19 июля 1959 г. Л. Н. Усольцев с группой студентов замерил расходы р. Мазуевки способом поплавков в 7 пунктах. В местах замера расходов были отобраны пробы воды на химический анализ.



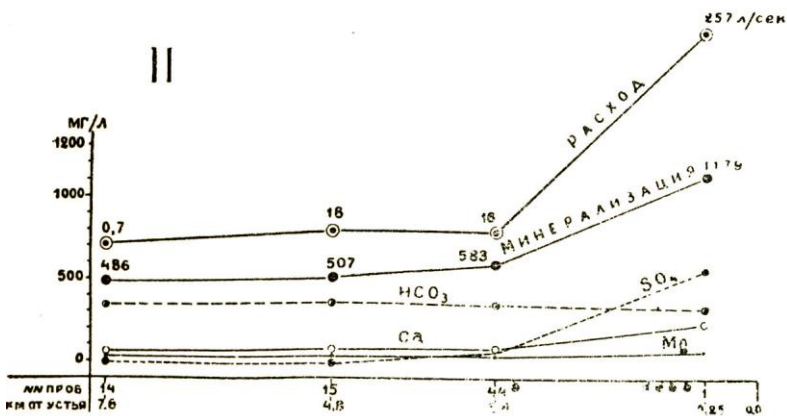
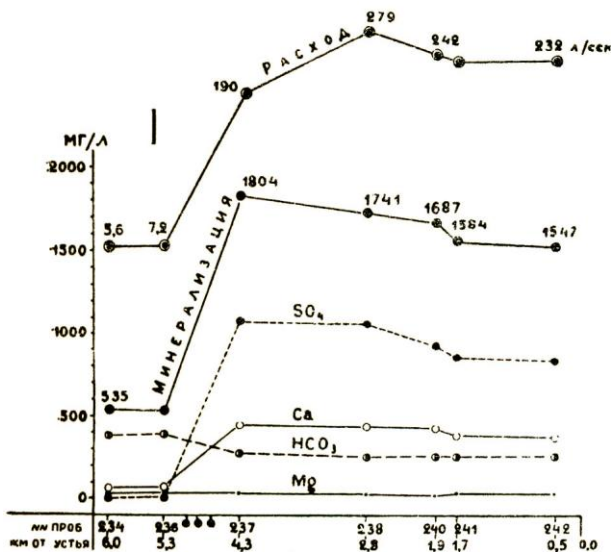


Рис. 31. Гидрохимические профили рек Мазуевки (I) и Советянки (II).

Р. Мазуевка начинается юго-западнее д. Мазуевка у тракта на д. Дикое озеро. На правом склоне долинообразного понижения выходят родники из мергелей поповской свиты. После слияния они имеют дебит 5,6 л/сек (рис. 31). Ниже по течению ручья справа из лога впадает небольшой родник. Расход речки выше тракта в 5,3 км от устья увеличивается до 7,2 л/сек. Ниже тракта у подошвы левого высокого склона долины выходят многочисленные сульфатные источники, область

питания которых являются карстовые котловины, расположенные вдоль восточного крыла Уфимского плато. Здесь на речке сооружена плотина. Ниже плотины в 4,3 км от устья расход реки уже составляет 190 л/сек. Ниже по течению он изменяется от 279 до 232 л/сек. Колебания расходов частично обусловлены зарегулированностью реки.

Минерализация и химический состав р. Мазуевки определяются условиями питания. В истоках минерализация – 535 мг/л, а гидрохимическая фация – гидрокарбонатно-кальциевая. Ниже выхода карстовых источников минерализация возрастает до 1804 мг/л, а состав воды изменяется на сульфатно-кальциево-гидрокарбонатный. Вниз по течению наблюдается уменьшение минерализации от 1804 до 1547 мг/л. Это связано с притоком пресных вод р. Бруснянки и р. Ключевой и частично менее минерализованных грунтовых вод. Р. Бруснянка с расходом 25 л/сек имеет минерализацию 523 мг/л, а р. Ключевая соответственно 1,1 л/сек и 516 мг/л. Состав их гидрокарбонатно-кальциевый.

Расход р. Мазуевки замеряли также в июле 1958 г. В 100 м выше устья он составлял не более 390 л/сек.

Сульфатные воды р. Мазуевки оказывают влияние на химический состав р. Сылвы. Общая минерализация сылвенской воды у левого берега растет от 330 мг/л до 447 мг/л ниже устья р. Мазуевки, а гидрофация изменяется от гидрокарбонатно-кальциевой на гидрокарбонатно-сульфатную.

Р. Советянка впадает в Суксунский пруд. Протяженность ее 7,6 км. Начало ей дают источники с небольшим дебитом, вытекающие из мергелей поповской свиты у д. Чечуварка. Расход р. Советники от истоков вниз по течению медленно растет от 0,7 до 18 л/сек (в 4,8 км от устья). В среднем течении слева в нее впадает р. Ключевая Каменка с дебитом 4 л/сек. Несмотря на это, расход уменьшается до 16 л/сек (в 2,8 км от устья). По сведению местных жителей, в сухие годы речка на этом участке исчезает.

В нижнем течении в р. Советнику слева впадают многочисленные восходящие источники с дебитом до 54 л/сек, ниже которых расход возрастает и в устье составляет 257 л/сек (рис. 31)

Химический состав р. Советники всецело определяется условиями ее питания. В верховьях и среднем течении вода имеет минерализацию 486–507 мг/л и относится к гидрокарбонатно-кальциево-магниево-гидрохимической фации. Ниже выхода сульфатных источников минерализация увеличивается до 1179 мг/л, а состав воды изменяется на сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевый.

Рассмотренные небольшие реки Березовка, Таз, Кишертка, Сединка, Мазуевка, Советянка в той или иной степени

испытывают влияние сульфатного карста. Исследованные реки в зависимости от положения места разгрузки сульфатных карстовых вод в долине и степени участия их в питании реки можно подразделить на несколько типов.

1. Речки, начало которым дают сульфатные карстовые источники (р. Кишертка). Ниже по течению появляются другие источники питания, что может привести к уменьшению минерализации воды.

2. Исток реки представляет собою некарстовый источник с небольшим дебитом. Резкое увеличение расходов реки происходит несколько ниже истоков в месте впадения сульфатных источников (р. Мазуевка). Здесь наблюдается также увеличение минерализации и изменение гидрохимической фации.

3. В верхнем и среднем течении река питается некарстовыми водами. Резкое возрастание расхода и изменение минерализации наблюдается в нижнем течении за счет притока сульфатных карстовых вод (р. Советянка). Этот тип аналогичен второму типу, выделенному Л. А. Владимировым (1955).

4. Реки, питающиеся на всем протяжении как карстовыми, так и некарстовыми водами. Сульфатные карстовые источники с небольшим дебитом вызывают повышение минерализации воды на небольшом отрезке течения ниже впадения их. Минерализация воды изменяется скачкообразно.

По гидрологическим особенностям малые реки исследованного района согласно существующим классификациям (П. В. Молитвин, 1962; Л. А. Владимиров, 1955; Г. А. Максимович, 1963) относятся к внутрикарстовым с преобладанием дренажа подземных вод.

К совершенно иному типу относятся реки Ключи и Иргина. Начало р. Ключи дают восходящие источники в устье Суксунского суходола. Они питаются пресными карстовыми водами карбонатных отложений Уфимского вала. Расход реки выше плотины 545 л/сек, а минерализация 676 мг/л. Р. Ключи впадает в Суксунский пруд. Из пруда в р. Сылву течет р. Суксунчик.

Р. Иргина начинается за пределами Пермской области. На Уфимском плато река течет в глубокой узкой долине, на склонах которой выходят обнажения карбонатных пород. При вступлении в полосу развития сульфатного карста долина становится шире, появляется низкая аккумулятивная терраса. Река здесь сильно меандрирует, разделяется на многочисленные рукава.

Л. Н. Усольцев и Е. А. Иконников определили расходы р. Иргины в четырех пунктах. Замеры скоростей производились поплавком. Коэффициент перехода к средней скорости потока принят за 0,8. У южной границы участка в 26 км от

устья река имеет расход 2561 л/сек (23/VIII 1958 г.) и минерализацию 410 мг/л. Ниже д. Шипицино расход ее уменьшается до 2515 л/сек (19/VIII 1958 г.), несмотря на впадение источников с дебитом 67 л/сек. Это объясняется, возможно, частичной фильтрацией воды в излучине в известняки, слагающие берег, а также несовершенностью и разновременностью замеров.

Разгрузка карстовых вод в районе с. Б. Ключи сказывается на возрастании расхода р. Иргины. Расход ее в с. Брехово, в 16,7 км от устья, составляет уже 4051 л/сек (25/VIII 1958), а у северной окраины с. Б. Ключи – 5412 л/сек (26/VIII 1958). На протяжении 17 км расход увеличивается от 2561 до 5412 л/сек, то есть на 2851 л/сек. Минерализация воды на этом участке изменяется от 408 до 494 мг/л, гидрохимическая фация на всем протяжении остается гидрокарбонатно-кальциево-сульфатной, но отмечается незначительное возрастание сульфатов.

Ниже по течению закарстованного участка минерализация к устью уменьшается. 31 августа 1959 г. были отобраны пробы воды у д. Верхнее Шахарово и в 200 м выше устья, показавшие уменьшение минерализации от 462 до 442 мг/л.

Река Иргина относится к III типу (Л. В. Владимиров, 1955) карстовых рек с положительным подземным водообменом и значительной относительной водностью.

Минерализация карстовых рек превышает среднюю величину минерализации речной воды, которая, по данным О. А. Алекаина (1951), для территории СССР в целом составляет 111 мг/л, а для бассейна Каспийского моря 267 мг/л.

## КАРСТОВЫЙ РЕЛЬЕФ

Кишертско-Суксунский карстовый район расположен в пределах Русской равнины в области Камско-Предуральских пологих платформенных структур (Г. А. Максимович, 1960). Основными ведущими факторами формирования рельефа являются литология и климат. Велика роль тектоники, определяющей условия залегания пород, и неотектонических движений, направляющих действие внешних рельефообразующих процессов. При движении с запада на восток соответственно смене, фациальных зон изменяются общий характер рельефа, гидрография и гидрогеология.

Уфимский вал, сложенный карбонатными отложениями, выражен в рельефе в виде плато. Плато пересекают долины рек Шаквы и Сылвы. Узкая, глубокая поперечная долина р. Сылвы является antecedentной. Южнее ее крутой уступ Уфимского плато расчленен суходолами: Кишертским, Дикоозерским,

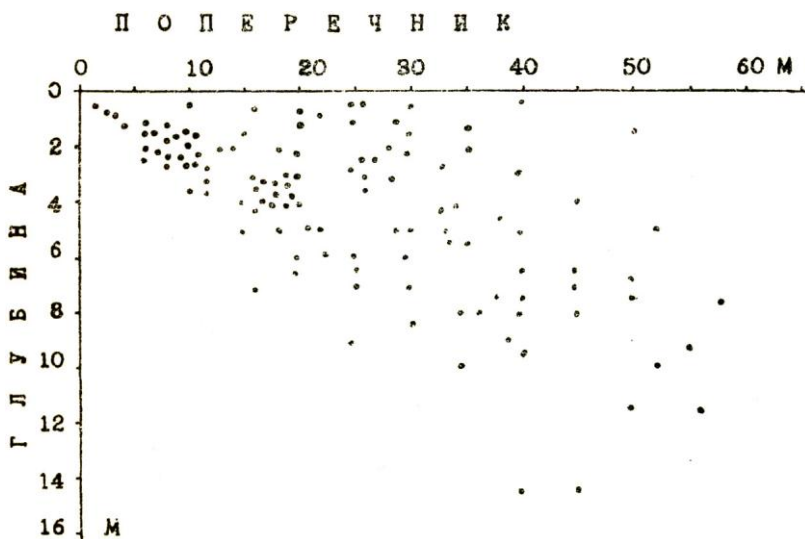


Рис. 32. Размеры карстовых форм в окрестностях с. Советная.

Пещерным, Суксунским, Большим. Карстовые воронки на плато встречаются редко.

Зона развития сульфатных отложений поповской свиты и ольховской карстовой брекчии характеризуется интенсивным карстом. Эта территория выделена нами как Кишертско-Суксунский район интенсивного сульфатного карста. Восточнее его в зоне развития песчаниково-глинистых отложений кунгурского

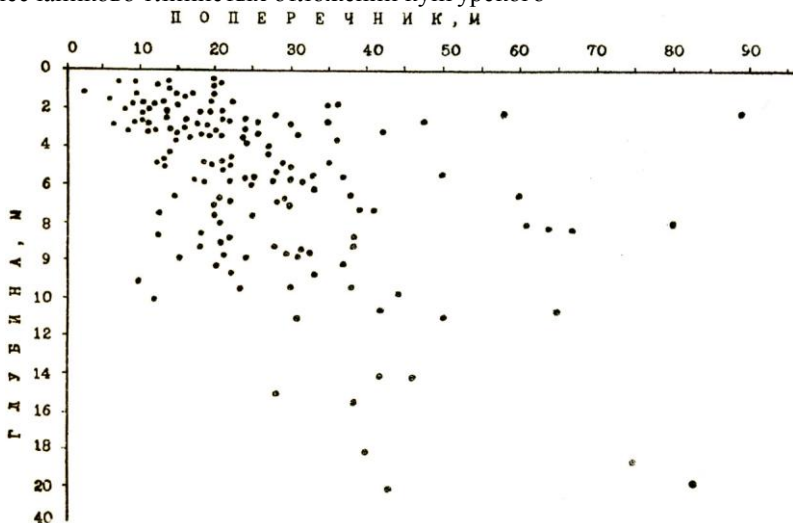


Рис. 33. Размеры карстовых форм в окрестностях с. Б. Ключи (поле 1).

яруса характер рельефа изменяется. Типичные литогенные Ландшафты Уфимского плато и Кишертско-Суксунского карстового района сменяются долинными.

Кишертско-Суксунский карстовый район можно рассматривать как ключевой при исследовании сульфатного карста Предуральяского прогиба. Карстовые формы здесь исключительно разнообразны.

*Карры* имеют небольшие размеры и встречаются редко. Мы наблюдали их на обнажениях гипса у с. Посад-Кишерт.

*Поноры* чаще всего приурочены к воронкам. Во многих случаях отверстия их заполнены обломочным материалом. В окрестностях д. Дремино на дне воронки открывается зияющая понора поперечником до 30 см. В стенках ее обнажены сильно выветрелые, рыхлые гипсы.

*Карстовые воронки* – наиболее распространенная форма в данном районе. Поперечник их обычно не превышает 40 м, а глубина – 10 м (рис. 32–34). В окрестностях с. Б. Ключи описаны три воронки с глубиной 25–37 м при поперечнике 43–84 м. Наиболее крупные воронки расположены на водоразделах и высоких эрозионных террасах. Севернее р. Сылвы, на северо-запад от линии д. Подникольская – с. Посад-Кишерт простирается полоса воронок, карстовых озер и котловин шириною до 2 км через деревни Шастино и Безукладникове к д. Карнаухово на р. Шакве и далее на север. По аэрофотоснимкам здесь насчитывается до 600 воронок с плотностью 15–20 на 1 км<sup>2</sup>. Эти цифры значительно меньше действительных. Так, например, в районе с. Посад-Кишерт на участке площадью 0,5 км<sup>2</sup> закартировано около 100 воронок.

В окрестностях с. Усть-Кишерт в 1946–1947 гг. автором описано 160 воронок. Южнее по левобережью рек Кишертки и Сединки, на склонах Дреминской и Бурцевской депрессий зафиксировано 150 воронок.

Л. Н. Усольцев и Ю. Н. Юшков закартировали 156 карстовых форм в районе пос. Суксун (рис. 32) и 254 в окрестностях с. Брехово. В окрестностях с. Б. Ключи описано 270 форм. Таким образом, южнее р. Сылвы зафиксировано около 1000 воронок. Для отдельных полей составлены корреляционные таблицы (рис. 32–33). Интересно соотношение плотностей, площадных коэффициентов закарстованности и размеров воронок для разных полей. Плотность определяется как отношение количества воронок к площади. Площадной коэффициент – это результат деления суммарной площади воронок на площадь всего участка, взятый в процентах. Вычислялся также объемный коэффициент закарстованности или отношение суммарного объема всех воронок к площади участка в сантиметрах. За объем воронки условно принимается про изведение

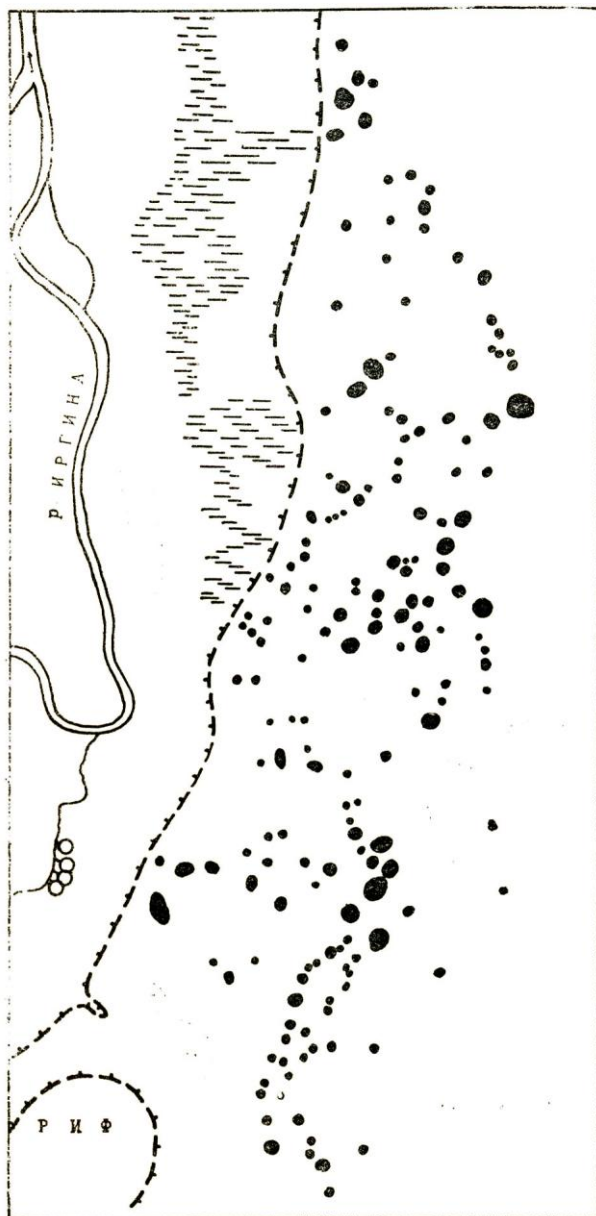


Рис. 34. План первого карстового поля в окрестностях с. Б. Ключи.

ее площади на глубину. Эти показатели были вычислены для Ключевского участка (табл. 5).

По правобережью р. Иргины выделено четыре карстовых поля (рис. 34, 36). Второе поле с плотностью 27 воронок имеет наибольшие коэффициенты закарстованности. Воронки преимущественно

Таблица 5

Показатели закарстованности полей Ключевского участка

Показатели	Поля	I	II	III	IV
Площадь,		1,55	2,47	1,12	0,37
Количество форм		181	69	111	143
Плотность, $ф/км^2$		117	27	99	381
Площадной коэффициент, %		8,1	2,7	4,8	22
Объемный коэффициент, $см^*$		50,5	7,2	37	146

\* Подсчеты выполнены Г. Гавриловой.

блюдцеобразные глубиной не более 4 м (рис. 35). Четвертое поле отличается наибольшей плотностью (до 381) и самыми высокими коэффициентами закарстованности. Воронки преимущественно конусообразные и чашеобразные глубиной более 3 м. Здесь за 6 лет (1953–1958) появилось пять провальных воронок. По количеству провалов

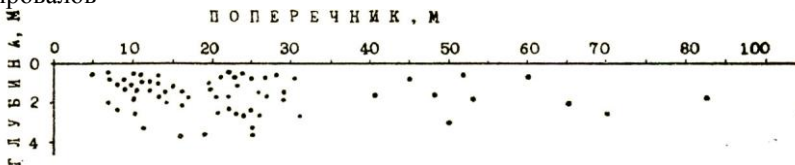


Рис. 35. Размеры карстовых форм второго поля в окрестностях с. Б. Ключи.

возникающих в год на 1  $км^2$  это поле относится к классу весьма неустойчивых (Г. А. Максимович, 1963).

При инженерно-геологических исследованиях важно определить степень устойчивости закарстованной территории. Существующие классификации построены на учете, наряду с геологическим строением, количества карстовых провалов, возникающих в год на 1  $км^2$  площади. Опыт исследований показывает, что даже при детальном съемках невозможно точно учесть количество провалов и время их возникновения. Многолетние стационарные наблюдения за развитием карста проводятся на ограниченных площадях (А. Н. Ильин, А. П. Капустин и др., 1960). Они позволяют вычислить показатель вероятности поражения площади карстом. В районах, где такие наблюдения не производились, при инженерно-геологической



оценке закарстованной территории учитывается комплекс геологических, гидрогеологических и геоморфологических условий. Целесообразно при разработке классификации

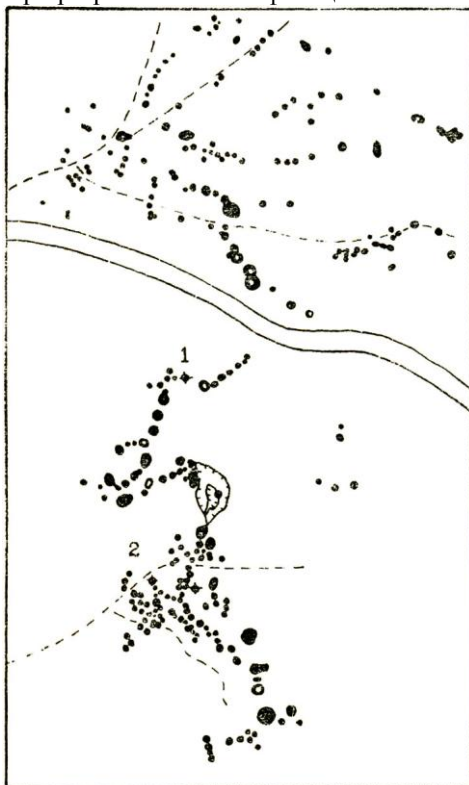


Рис. 36. План третьего и четвертого карстовых полей. 1 – Бреховский провал, 2 – Тетерский провал.

устойчивости территории использовать такие показатели, как плотность карстовых форм, площадной и объемный коэффициенты закарстованности, средняя глубина воронок, форма корреляционных таблиц. Для исследованной территории могут быть применены следующие пределы этих показателей.

Класс устойчивости по Г. А. Максимовичу	Плотность воронок на 1 км <sup>2</sup>	Площадной К, %	Объемный К, см
Слабоустойчивые	менее 100	менее 4	менее 10
Неустойчивые	100–200	4–10	10–50
Весьма неустойчивые	более 200	более 10	более 50

Показатели даны не для всех классов. Весьма неустойчивые территории с плотностью, превышающей 200 форм/км<sup>2</sup>, более 10 % площади которых занято преимущественно глубокими воронками, не пригодны для строительства. Плотность карстовых форм и площадной коэффициент закарстованности можно вычислить по аэрофотоснимкам. Приведенные цифры требуют проверки в других районах.

По происхождению воронки относятся к коррозионно-провальным, провальным, коррозионно-просадочным, коррозионно-эрозийным, полигенетическим (Г. А. Максимович, 1963; Большой интерес представляют все виды провальных воронок. Приводим описание некоторых из них.

В северной части района в д. Осина южнее пруда у дороги в 1948 г. (возможно, раньше) мгновенно появился провал, в котором погибла женщина. По рассказам местных жителей, диаметр его вначале был 1,5 м, а глубина 25 м. В 1959 г. провал представлял воронку с поперечником около 20 м и высотой склонов до 6 м. Дно ее было заполнено водой.

В окрестностях д. Верхние Пеньки на первой террасе р. Сылвы 28 марта 1956 г. одновременно возникло четыре воронки, которые были обследованы 7 апреля того же года (Г. А. Максимович, К. А. Горбунова, 1958). Наибольшая воронка (рис. 37) длиной 22 м,

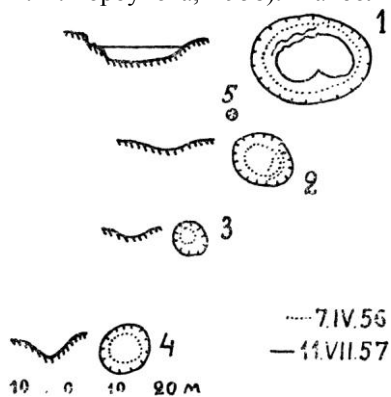


Рис. 37. План и профили Пеньковских провалов.

шириною 17 м с крутыми стенками контрастно выделялась на фоне белого снега.

Глубина до воды, часть которой замерзла, в западной части составляла 4,6 м. Параллельно юго-западному и северо-восточному краям провала прослеживались трещины. В южной части были нагромождены обрушившиеся массы.

Вторая воронка с поперечником 7 и 8 м и глубиной 2,5 м была заполнена снегом, и только на северо-восточной стенке

обнажалась почва. Здесь на поверхности выделялось несколько трещин. Третья и четвертая воронки имели вид заснеженных блюдцев с поперечниками 4 и 8,5 м и глубиною соответственно 1,5 и 2,5 м.

В июле 1957 г. вторично был составлен план провалов (рис. 37). Первая воронка представляла собой озеро глубиною около 3 м. Длина ее увеличилась до 25,8 м, ширина до 19,8 м. Северный и западный склоны с высотой до 3,5 м

были осложнены оползнями. Вторая воронка овальной формы (14,7 м и 11,6 м) имела глубину 2,6 м. Третья и четвертая воронки с поперечниками 7,3–7,9 м и 11,0–12,3 м при глубине соответственно 2 м и 4,5 м были задернованы. Между первым и вторым провалами появилась небольшая вороночка с диаметром 2,8 м и глубиной 45 см.

Летом 1946 г. севернее оз. Фомичевского на I террасе р. Сылвы была обнаружена свежая воронка правильной конусообразной формы с диаметром 5,5 м и глубиной 2 м. В склонах ее обнажались суглинки.

В с. Усть-Кишерть на II террасе р. Сылвы 28–29 августа 1949 г. образовалось три провала. Вначале на поверхности земли появилось блюдцеобразное понижение, в северо-западной стенке которого возникла трещина. Затем началось обрушение, сопровождавшееся шумом и излиянием воды. Спустя пять часов обрушение возобновилось. К первому провалу присоединился второй. Они заполнились водой. Два озера оказались в общей котловине и разделялись гребнем высотой до 1,9 м. Длина котловины была 50,5 м, ширина большей части – 40 м, меньшей – 22 м.

Отвесные стенки провалов высотой до 9 м были сложены суглинками.

В 70 м от первого и второго провалов находилась старая чашеобразная воронка, описанная в 1946 г. 28 августа в ней были замечены трещины, а ночью 29 здесь также образовался провал, сопровождавшийся сильным шумом. Диаметр его был 15–17,5 м, глубина до воды 5,5 м. Одна из черемух, росших в воронке, исчезла бесследно, а верхушка другой была видна на дне.

В последующие годы склоны провалов выполаживались, на них появилась растительность. Замеры 1957 г. показали, что длина котловины слившихся первого и второго провалов составляла 64,6 м, ширина большей части 52,3 м, меньшей – 27,6 м. Площадь третьего провала также увеличилась. 10 июля после дождей он был заполнен водой. В сухое время дно его покрыто травой.

Эволюция провалов за 8 лет отражена на рис. 38 и в табл. 6.

Жители с. Усть-Кишерть рассказывают, что их предки были очевидцами провала, на месте которого появилось озеро,

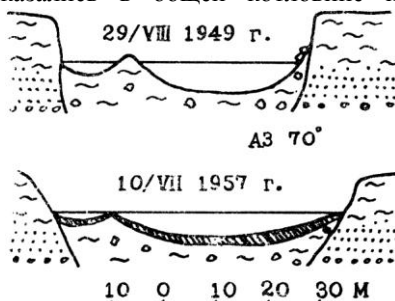


Рис. 38. Эволюция первого и второго Кишертских провалов.

названное Молебным. Провальное происхождение имеет воронка севернее д. Гарино.

В 1946 г. автор наблюдала свежий провал в д. Дремино, имевший вид колодца с отвесными стенками диаметром 8 м и глубиной 15 м. В 1957 г. он представлял собою асимметричную воронку с поперечником 13 м. В юго-восточном высоком (7,2 м) и крутом (40°) склоне ее обнажалась почва. Низкий (1,5 м) северо-западный склон зарос крапивой. На дне видна вода, покрытая ряской.

Таблица 6

Изменение размеров кишертских провалов за 8 лет

Дата замеров	1–2 провалы			3 провал		
	длина, м, аз. 70°	ширина, м, аз. 345°	глубина воды, м	длина, м, аз. 160°	ширина, м, аз. 26°	глубина, м
29/VIII 1949	50,5	40,0–22,0	9,0	17,5	15,0	5,5
10/VII 1957	64,6	52,3–27,6	7,7–7,9	24,3	23,6	4,2
Прирост за 8 лет	14,1	12,3–5,6		6,8	8,6	

В 1957 г. в д. Дикое озеро местные жители рассказывали, что несколько лет тому назад произошел провал в южной части оз. Дикое. По сведениям Ф. И. Ширяева, летом 1953 (1954?) г. в д. Нижняя Одина в северо-западной части озера возник провал. Вначале, как говорят очевидцы, слышен был шум, а затем земля поднялась вверх. Отвесные стенки провала были как бы выложены кирпичом. В этой же деревне примерно в 1923 г. провалилась часть поверхности под домом Терюшкина. В районе д. Нижняя Одина около 60 лет тому назад (вероятно, больше. – К. Г.) образовался провал в местности Муликово, покрытой соснами. Он сопровождался сильным шумом. В настоящее время здесь болото. По рассказам местных жителей, на дне оз. Круглое в окрестностях д. Верхняя Одина, глубина которого 18 м, сохранился провалившийся лес.

В 1958 г. жители пос. Суксун сообщили о провале, появившемся на усадьбе одного из жителей года два тому назад. На дне Суксунского пруда выше плотины в 1953 г. возник провал. По-видимому, он имел небольшой поперечник, поэтому отверстие, куда уходила вода, удалось загампонировать.

В 1911–1912 гг. В. А. Варсанюфьева (1915) наблюдала образование свежего провала в окрестностях с. Б. Ключи на дне одной из старых воронок. Он имел вид короткого канала в песчаниках, открывавшегося в пустоту, на дне которой была вода.

Через год провал приобрел вид маленькой паразитической воронки на дне большой.

Особенно часто провалы происходят в районе с. Брехово. Провал 1952 г. расположен севернее Сибирского тракта вблизи бровки ложбины. В августе 1956 г. он представлял собою сухую конусообразную воронку с незадернованными склонами, в которых обнажались суглинки. 23 июля 1957 г. после сильного ливня провал был заполнен водой, поперечник которой составлял 9,4 м. Склоны его были слабо задернованы. В юго-восточном склоне появилась промоина с конусом выноса. 17 августа 1958 г. автор снова описала воронку. Размеры ее изменились. Поперечник по аз.  $245^\circ$  составлял 18,1 м, по аз.  $345^\circ$  – 17,6 м. Склоны асимметричны, северный имел высоту 3,8 м при крутизне  $28^\circ$ , южный – соответственно 5,8 м и  $36^\circ$ . На дне наблюдалась лужа воды, а на склонах налеты коллоидных гидроокислов железа. Юго-восточный склон прорезан промоиной.

Бреховский провал, возникший 15 июня 1953 г. на дне чашеобразной воронки южнее Сибирского тракта, описан неоднократно (Г. А. Максимович, Л. А. Шимановский, 1956; Г. А. Максимович, К. А. Горбунова, 1960).

По описанию Л. А. Шимановского, 20–24 августа 1953 г. провал представлял собою карстовую шахту глубиной около 46 м с южной почти отвесной и северной более пологой стенками. В южной стенке обнажались обломки карбонатных пород с глинистым материалом, заполнявшие древнюю воронку. Противоположная стенка осложнена оползнями. Книзу шахта сужалась и становилась наклонной. Полость была смещена несколько на юг относительно воронки на поверхности. На дне ее имелось озеро. Спуститься на дно провала при помощи веревки удалось только 28 июля 1954 г. Вертикальная часть шахты внизу имела поперечник  $3 \times 5$  м. На глубине 25 м южная стенка переходила в нишу, вытянутую по аз.  $75^\circ$ . На дне ее виднелись 2 озера с поперечниками  $3 \times 1,5$  м и  $2 \times 2$  м и глубиной соответственно 1,8 и 1,2 м. Температура воды  $3,5^\circ\text{C}$ . Свод ниши был сложен окремнелыми известняками, разбитыми трещинами на отдельности  $0,5 \times 0,5 \times 0,8$  м. Вода озер была сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевой с минерализацией 985–1075 мг/л. Это указывает на наличие гипсов. В июле – августе 1956 г. нам вновь удалось посетить этот провал. Форма его значительно изменилась. Поперечник увеличился до 23–25 м, а глубина уменьшилась до 15–16 м, причем дно было покрыто осыпями, озера исчезли. Почти вертикальные стенки провала в верхней части переходили в пологие склоны древней воронки.

23 июля 1957 г. после сильного ливня провал почти достиг контуров старой воронки, имея поперечник около 25 м. Стенки,

сложенные глинистыми массами желто-коричневого цвета с включениями обломков известняка, были изборождены многочисленными рытвинами. Более глубокие промоины северо-западной стенки кончались наплывами грязи. Дно покрыто глинистым материалом и разбито трещинами усыхания. На дне выделялись два углубления, в которые уходила вода. Общая глубина 13,5 м (рис. 39).

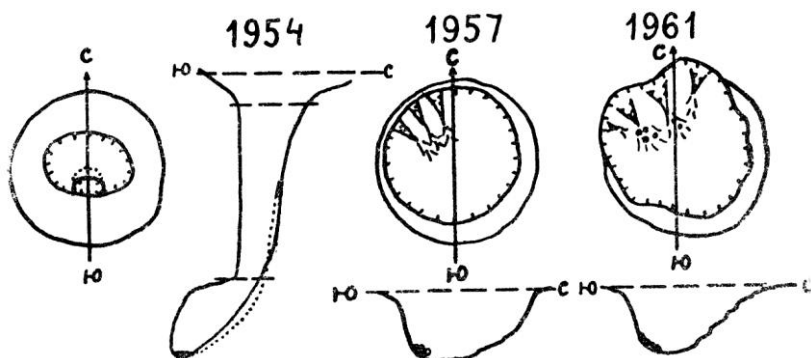


Рис. 39. Эволюция Бреховского провала.

12 августа 1958 г. провал в северо-западной части вышел за контуры старой воронки. Диаметр его составлял 25,7 м (аз. 150°) и 24,6 м (аз. 24°), общая глубина – 12,5 м. Почти вертикальные (80°) южная и восточная стенки вскрывают карстовый делювий древней воронки, представленный глинистым материалом с обломками кавернозного известняка белесоватожелтого цвета. Более пологие (54°) северная и западная стенки сложены красновато-бурыми суглинками. В нижней части склоны покрыты осыпями. 18 июля 1961 г. края провала вышли за пределы старой воронки. Промоины на склонах придали ему неправильную в плане форму и чашеобразный поперечный профиль.

Тетерский провал 1954 г. (август – сентябрь) расположен в 0,75 км южнее предыдущего. 29 июля 1956 г. поперечник его был 20 м, а глубина 9,2 м. До глубины 3 м стенки были почти отвесные, а глубже за счет осыпей выполаживались. По замерам Л. Н. Усольцева и Ю. Н. Юшкова 25 августа 1958 г. провал имел форму округлой чаши с обрывистыми в верхней части стенками, в которых обнажались известняк выветрелый с глиной и карстовая брекчия. Поперечник его был 20,5, а глубина 7,4 м.

Л. Н. Усольцев и Ю. Н. Юшков обследовали в августе 1958 г. еще несколько свежих провалов. В 40 м северо-западнее Тетерского провала ими описана воронка, дно которой с

поперечником 6 м просело. В крутых стенках ее был обнажен глинистый песок.

В окрестностях д. Осинцово расположены два провала, возникшие, возможно, в 1958 г. Один из них овальной в плане формы (4,9 и 5,4 м) с глубиной 5,2 м обнаружен у подножия склона чашеобразной воронки, имеющей поперечник 25 м и глубину 6 м. Дно и стенки его были сложены песком. Второй провал (1,4×2,2 м при глубине 1,5 м) с крутыми склонами и плоским дном возник также в склоне чашеобразной воронки (41×60 м при глубине 10,2 м).

Южнее р. Сылвы на площади 60 км<sup>2</sup> за последние 18 лет образовалось 20 провалов. Наряду с типичными коррозионно-провальными и провальными воронками встречаются коррозионно-просадочные с быстрым проседанием рыхлых отложений в карстовую полость. Морфология провалов в значительной степени зависит от гидродинамической обстановки и условий залегания карстующихся пород. Полости формируются в зонах сосредоточенной горизонтальной или сифонной циркуляции карстовых вод. Гипсы и ангидриты обычно залегают или под аллювиальными отложениями (Кишертские и Пеньковские провалы) или среди мергелей, глин, песчаников, известняков. На аккумулятивных речных террасах при неглубоком залегании полости поперечник возникшего провала в 3–5 раз больше глубины. На водоразделах и высоких эрозионных террасах провалы аналогичны шахтам. Поперечник их меньше глубины более чем в два раза. Встречаются и промежуточные типы.

Развитие провалов идет в соответствии со схемой, намеченной Г. А. Максимовичем (1963).

Подготовительная фаза – это типично карстовый процесс.

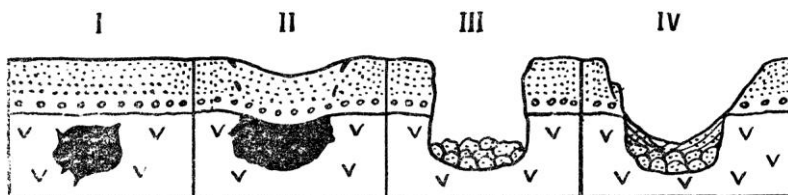


Рис. 40. Схема эволюции провалов.

Рост подземной полости идет в основном за счет растворяющей деятельности воды. Подчиненную роль играют подземная водная эрозия, выветривание, обрушение пород на стенках под действием силы тяжести и горного давления (рис. 40, I).

В начальную фазу основным процессом становится деформация породы в своде под действием силы тяжести и горного давления. При неглубоком залегании полости песчано-глинистые породы в ее своде

прогибаются под действием силы тяжести, в результате чего на поверхности появляется блюдцеобразное понижение с трещинами по краям (рис. 40, II). При глубоком залегании полости и наличии в ее кровле песчаников, аргиллитов и других скальных пород может происходить как бы выкрашивание их под действием горного давления и смещение полости вверх.

Катастрофическая фаза проявляется быстро и приводит к появлению провала, который формируется главным образом под действием гравитационных процессов: обрушения, обвалов стенок. Морфология возникшего провала зависит от глубины залегания полости, состава пород в ее своде (рис. 40, III).

В послепровальную стадию первоначальная форма провала изменяется за счет обвалов и отседания стенок, оползней, временных потоков. Он приобретает чашеобразный профиль (рис. 40, IV). Часто провалы заполняются водой и превращаются в озера. Преобладание в течение длительного времени процессов аккумуляции сопровождается переходом провала в блюдцеобразное понижение, слабовыраженное в рельефе. В исследуемом районе встречаются погребенные формы третичного и четвертичного возраста. Характерной особенностью являются омоложенные провалы, как, например, Бреховский, приуроченный к древней воронке.

*Карстовые лога* образуются за счет слияния линейно расположенных воронок. Дно их неровное, склоны размыты промоинами. Северо-западнее д. Бабино простирается овраг на 400 м при ширине до 70 м.

*Карстовые котловины* – это дальнейшая стадия развития одной воронки или результат слияния группы воронок. Они имеют неправильную в плане форму с поперечником до 100–150 м. Склоны их часто бывают размыты промоинами, осложнены небольшими воронками.

*Карстовые и эрозионно-карстовые депрессии* являются более зрелыми формами сульфатного карста, они имеют поперечник более 1 км и вытянуты вдоль восточного крыла Уфимского нала. Наиболее крупными из них являются Низковская, Дреминская, Бурцевская, Мазуевская и Суксунско-Советинская.

Низковская депрессия имеет поперечник около 2 км (рис. 9). С запада и юга она ограничена крутыми склонами, а на севере открывается в долину р. Сылвы. На восток дно депрессии несколько повышается и переходит в долину р. Сединки. С ю.-з. в нее впадает крупный суходол. Дно депрессии плоское, местами заболочено. На дне выходят многочисленные восходящие источники, вода которых содержит до 2,3 г/л различных солей, в основном сульфатов кальция. Наиболее



крупный восходящий источник, растекающийся в противоположные стороны, имеет дебит 26,8 л/сек.

Часть карбонатов кальция выпадает из воды в русле ручейков в виде известкового туфа. Известь отлагается на растениях, сухих ветках, на почве, старых пнях. В жаркую сухую погоду пни бывают как бы покрашены тонким слоем извести. Некоторые источники вытекают в нишках, сложенных известковым туфом.

Дно карстовой депрессии представляет собою как бы «окно», где разгружаются карстовые воды. Областью питания их являются поле воронок у д. Дремино и Уфимское плато. Отсюда воды движутся на север и восток в сторону депрессии, растворяя гипсы. На дне ее эти воды выходят в виде восходящих источников. Южнее Низковокой депрессии на водоразделе расположены две депрессии – Дреминская и Бурцевская.

Дреминская депрессия находится в верховьях лога, впадающего в р. Сединку. Наиболее пониженная часть ее занята озером с пресной водой. На западном и северном склонах встречаются поглощающие воронки, заиленные воронки – озера, болота. В одной из воронок в зияющей поноре выходят гипсы. В 1946 г. в д. Дремино произошел провал. Атмосферные осадки, поглощенные воронками, разгружаются в виде источников в Низковской депрессии.

Бурцевская озерная депрессия расположена между верховьями двух логов, впадающих в р. Сединку. Склоны ее покрыты многочисленными, преимущественно сухими воронками, а дно представляет серию озер и болот с пресной водой.

Большие размеры имеет Мазуевская озерная депрессия, наиболее глубокие участки дна которой приближаются к уровню карстовых вод (рис. 19). Наряду с молодыми озерами здесь встречаются озера, сплошь затянута сплавиной (К. А. Горбунова, 1962). Состав озерной воды разнообразен, общая минерализация изменяется от 180 до 1525 мг/л. В питании некоторых озер значительную роль играют сульфатные карстовые воды.

Дикоозерская депрессия подобна Бурцевской, но находится в более ранней стадии развития. В ней описано восемь озер с пресной водой. В одном из них в 1953 г. произошел провал (рис. 22, стр. 47). По данным Л. А. Шимановского, наиболее закарстована западная часть депрессии, где в толщу гипса и карстовых брекчий поступают пресные воды из карбонатных отложений Уфимского вала.

К востоку водообильность гипсов быстро уменьшается, а карстовые воды насыщаются сульфатами кальция. Здесь создаются условия весьма затрудненного водообмена.

к другому типу относится Суксунско-Советинская эрозионно-карстовая депрессия. Дно ее занято прудом, который питается сульфатными карстовыми реками Советянкой и Киселевкой и р. Ключи, начало которой дают пресные источники карстовых вод Уфимского вала в устье Суксунского суходола. Левобережная часть долины р. Советянки и юго-восточный склон пруда сильно закарстованы.

*Подземные формы карста* представлены карстовыми трещинами, полостями и небольшими пещерами. В рифовых известняках горы Кленовой нами описана пещера длиной 10 м. Пещерный лог в окрестностях с. Советная интересен небольшими нишами и пещерами в известняках и карстовых брекчиях длиной около 4 м. В Белом камне на р. Иргине имеется пещера протяженностью 10 м. В гипсах известны пещеры Бурцевская в окрестностях деревни одноименного названия и Мазуевская в Волчьей Яме западнее д. Мазуевка.

Вход в Мазуевскую пещеру находится в огромной воронке, в которую впадает лог. Он имеет вид полукруглой ниши, свод которой понижается в глубь пещеры и переходит в щель высотой 0,6–0,7 м. Справа по ходу в нише – небольшое озеро слева нагромождения глыб, заваливших более широкий старый вход. Из первого грота в промежутках между глыбами виден свет. Общая протяженность пещеры до подземного озера, которым она заканчивается, 65 м. Гроты щелевидной формы с высотой 1,5–3,0 м. В пещере есть лед, на полу встречается галька, глина, обломки карстовых брекчий, растительный мусор. В стенках ее обнажаются гипсы и ангидриты. Из первого озера, расположенного в нише у входа в пещеру, 10 июля 1958 г. была отобрана проба воды, общая минерализация которой составляла 2346 мг/л.

Содержание компонентов, мг/л

Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Fe <sup>+++</sup>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl <sup>'</sup>	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
556	34	72	0,3	317	1330	21	15,5	0,04

Жесткость – 30,6 мг-экв.; pH – 8,4; окисляемость O<sub>2</sub> мг/л – 3,9;

гидрохимическая фация SO<sub>4</sub>–Ca–HCO<sub>3</sub>.

В пещере поглощаются временные потоки, стекающие по дну лога весной во время таяния снега и летом в дождливые периоды.

*Эволюция гипсового карста.* Все известные схемы эволюции карста, опубликованные во многих руководствах и монографиях, разработаны применительно к массивам карбонатных пород. Многие исследователи рассматривают карстовый цикл карбонатных массивов средиземноморского типа как смену юной стадии, зрелой и старческой (А. А. Крубера, 1937).

В юную стадию типичны карры и воронки, отводящие атмосферные осадки в глубь пород. Карстовые воды залегают глубоко и движутся по сети узких каналов. По мере дальнейшего развития карстового процесса воронки сливаются, образуя котловины больших размеров. Земная поверхность понижается. Вместимость подземных полостей увеличивается. Формируется единый уровень карстовых вод. Часть впадин превращается в поля, углубленные до уровня карстовых вод и орошаемые источниками или речками. Такова зрелая стадия. В старческую стадию впадины и поля соединяются. Поверхность во многих местах понижается почти до уровня карстовых вод. Реки, питаемые карстовыми источниками, имеют ничтожное падение, медленное и извилистое течение. Если подобный цикл развития карста не будет нарушен поднятием, карстовая область приобретет вид равнины с одиночными останцами.

Д. В. Рыжиков (1954), подвергая критике существовавшие схемы, писал, что нормальный цикл развития карста постоянно прерывается тектоническими движениями. Он предлагал выделять только две стадии, а именно: «стадию приподнятого плато» и «стадию поля». По мере накопления фактического материала появится возможность выделения промежуточных стадий.

Детальное изучение рельефа и подземных вод Кишертско-Суксунского района позволило установить некоторые особенности эволюции площадей развития сульфатного карста, примыкающих к районам карбонатного карста.

Карст района разновозрастный. Вероятно, развитие его началось в мезозое. В третичном периоде происходило заполнение крупных карстовых озерных впадин осадками. Некоторые из них сохранились как месторождения глин и песков.

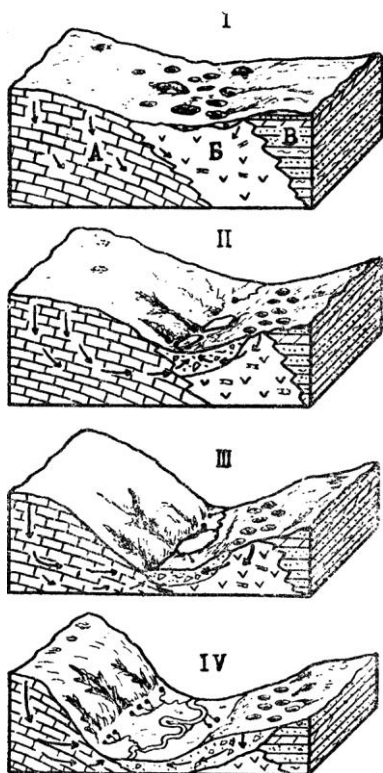
В четвертичном периоде в связи с поднятием Уфимского вала и углублением долины р. Сылвы происходит оживление карстовых процессов. Наибольшее поднятие испытала южная часть района, поэтому общий характер карстового рельефа и гидрографии изменяется при движении с севера на юг. В Кишертско-Суксунском карстовом районе выделяется несколько участков, соответствующих различным стадиям развития карста. Они показаны на рис. 41. Каждая стадия может приобретать специфические черты в зависимости от геологического строения и влияния других факторов.

Развитие карста в четвертичное время представляется следующим образом.

Поднятие района приводит к оживлению процессов денудации. В менее устойчивых сульфатных породах эти процессы проявляются активнее (К. А. Горбунова, 1960). С течением времени полоса развития сульфатных пород оказывается пониженной

по сравнению с соседними участками, сложенными карбонатными и песчаниково-глинистыми отложениями. Поверхностный сток будет направлен в сторону пониженной полосы. Там, где сульфатные породы перекрыты глинами, мергелями и песчаниками, развиваются эрозионные формы. В местах выхода на поверхность гипсов образуются многочисленные воронки. Наиболее интенсивно карст развивается на границе сульфатных пород с карбонатными и терригенными. Здесь на глубине появляются каналы, дренирующие воду. Возможно обрушение сводов подземных полостей и вскрытие их в виде провалов.

Со временем плотность воронок увеличивается. Местами они сливаются в крупные котловины и карстовые лога. Некоторыми воронками и котловинами заполняются водой и превращаются в озера атмосферного питания с пресной водой



и котловины заполняются водой и превращаются в озера атмосферного питания с пресной водой гидрокарбонатно-кальциевого состава. Характерно сочетание карстовых процессов с эрозионными. Часто встречаются замкнутые эрозионно-карстовые овраги, котловины с эродированными склонами, «хвостатые» воронки.

В соседнем карбонатном массиве формируются зоны вертикальной

Рис. 41. Эволюция гипсового карста. Породы: А – карбонатные, Б – карбонатно-сульфатные, В – песчаниково-глинистые. Стадии развития карста: I – приподнятая закарстованная равнина, II – озерная депрессия с сульфатными источниками, III – вскрытая депрессия с пресным вклюдом, IV – речная долина с вклюдом. Показано также направление движения карстовых вод (стрелками).

нисходящей и горизонтальной циркуляции пресных карстовых вод гидрокарбонатно-кальциевого состава. В гипсах циркуляция подземных вод избирательная, приуроченная к контактам их с карбонатными или песчаниково-глинистыми породами, а также к сильно трещиноватым участкам.

При резкой фациальной изменчивости сульфатные породы часто чередуются с карбонатными и песчаниково-глинистыми. В таких случаях выщелачивание гипсов сопровождается разрушением этих пород до карстовых брекчий. Данная стадия названа нами как стадия приподнятой закарстованной равнины. Аналогом ее является участок, расположенный на междуречье рек Сылвы и Шаквы (рис. 41, 1).

В следующую стадию (рис. 41, II) происходит дальнейшее понижение поверхности. В результате слияния воронок и котловин образуются крупные депрессии с поперечником в 2–3 км и более. Переуглубленные участки их превращаются в озера. Мощность карстовых брекчий в депрессиях увеличивается.

Различие в активности карбонатного и сульфатного карста приводит к появлению уступа карбонатных пород. В карбонатном массиве к этому времени сформировались зоны вертикальной нисходящей, горизонтальной и сифонной циркуляции. Воды последних двух частично разгружаются в карстовые брекчии и загипсованные породы. При движении в загипсованных породах пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды преобразуются в сульфатно-кальциевые с повышенной минерализацией. В гипсах циркуляция подземных вод избирательная. Сульфатные воды питают родники, дающие начало речкам с расходом 60–250 л/сек, а также карстовые озера.

Карстовые озера разнообразны по условиям питания, минерализации и химическому составу воды. На более высоких участках встречаются по-прежнему кольматационные озера атмосферного питания с пресной водой гидрокарбонатно-кальциевого состава. Озера в переуглубленных участках депрессий питаются как атмосферными осадками, так и сульфатными карстовыми водами. Минерализация воды их достигает 2,6 г/л, а состав сульфатно-кальциевый или сульфатно-гидрокарбонатный. Выражением второй стадии – стадии озерной депрессии с сульфатными источниками, является Мазуевский участок.

Переход к третьей стадии – вскрытой депрессии с пресным вклюдом, происходит после выхода на поверхность вод зоны горизонтальной и сифонной циркуляции карбонатного массива на небольших наиболее переуглубленных участках вблизи уступа. Здесь появляются исполинские пресные источники, дающие начало реке с расходом до 540 л/сек. Мощность карстовых брекчий вблизи уступа увеличивается. На некоторых участках выходят сульфатные источники, питающие небольшие речки. Карстовые депрессии вскрываются речными долинами и включаются в их системы. На возвышенных участках встречаются карстовые воронки, часто провального происхождения. Некоторые из них превратились в кольматационные

## Основные стадии развития гипсового карста

Название стадии	Поверхностные формы	Подземные воды	Поверхностные воды	Местное название стадии
I. Приподнятая закарстованная равнина	Воронки часто коррозионные, эрозионнокарстовые овраги, котловины с эродированными склонами, редко провалы	Формирование зон вертикальной и горизонтальной циркуляции в соседнем карбонатном массиве. Начало избирательной циркуляции подземных вод в гипсах	Кольматационные пресные озера атмосферного питания	Пеньковская
II. Озерная депрессия с сульфатными источниками	Озерные депрессии, вскрывшие гипсовые воды. Провальные воронки. Небольшие долины сульфатных речек	В карбонатном массиве сформировались зоны вертикальной, горизонтальной и сифонной циркуляции карстовых вод, частично разгружающихся в карстовые брекчии и гипсовую толщу. Избирательная циркуляция подземных вод в гипсах с разгрузкой в виде сульфатных источников	Озера в котловинах, депрессиях и провальных воронках, питающиеся карстовыми и атмосферными водами. Сульфатные речки, питающиеся родниками	Мазуевская
III. Вскрытая депрессия с пресным вклюдом	Депрессии, вскрытые эрозионными долинами. Долины сульфатных речек. Провальные воронки	Выход вод зоны сифонной циркуляции на окраине карбонатного массива в виде вклюдом. Разгрузка вод сульфатного карста в виде источников с более значительным дебитом	Речки, питающиеся пресными вклюдом. Сульфатные речки. Редко кольматационные пресные озера в воронках на возвышенных участках	Суксунская
IV. Речная долина с вклюдом	Речная долина с закарстованным склоном. Провальные воронки на высоких террасах	Вскрытие долиной зоны горизонтальной циркуляции карстовых вод карбонатного массива. Разгрузка в долине вод сульфатного карста из сохранившихся участков гипса	Пресная река с питанием преимущественно карстовыми водами карбонатного массива. Небольшие притоки, питаемые сульфатными источниками. Пресные кольматационные озера в воронках на повышенных участках	Ключевская

озера атмосферного питания. Аналогом этой стадии является Сукунско-Советинская эрозионнокарстовая депрессия (рис. 41, III).

Наиболее энергично карст проявляется вблизи уступа карбонатного массива. Здесь формируются глубокие депрессии, которые постепенно расширяются за счет разрушения новых толщ сульфатных пород. По мере понижения земной поверхности воды зон горизонтальной и сифонной циркуляции соседнего карбонатного массива получают свободный выход вдоль уступа его.

Они дают начало многочисленным источникам, питающим реку. Река постепенно размывает карстовые брекчии, на участках развития которых русло ее имеет извилистое течение, и делится на многочисленные рукава. На одном склоне долины сохраняются еще сульфатные породы. Здесь активно проявляется карст. Плотность карстовых воронок может достигать 380 на км<sup>2</sup>. Типичны провалы. Воды, поглощаемые воронками, питают сульфатные источники у подошвы склона долины. Эта стадия названа нами стадией речной долины с вклюдками (рис. 41, IV).

Характеристика выделенных стадий приведена в табл. 7.

Развитие карста сопровождается замещением сульфатных пород карстовыми брекчиями, причем этот процесс распространяется от массива карбонатных пород, вовлекая все новые и новые участки. В идеальном случае развитие карста будет происходить до полного уничтожения сульфатной толщи. Необходимо иметь в виду, что продолжающееся поднятие местности вовлекает в сферу активных карстовых процессов все новые толщ пород.

## **ВЛИЯНИЕ КАРСТА НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГРУНТОВЫХ ВОД**

Карстовые процессы оказывают влияние на формирование химического состава грунтовых вод. Под грунтовыми водами мы подразумеваем первый от поверхности земли, выдержанный в пространстве и во времени водоносный горизонт, залегающий на первом относительно водонепроницаемом слое.

Грунтовые воды исследуемой территории изучались в течение ряда лет начиная с 1943 г. (Г. А. Максимович, 1956; К. А. Горбунова, 1957; Л. А. Шимановский, 1958; Г. А. Максимович и др., 1960, 1963). В 1958–1959 гг. была проведена детальная карстово-гидрогеологическая съемка с обследованием всех колодцев.

Грунтовые воды приурочены к аллювиальным, элювиально-делювиальным, пролювиальным отложениям и к зоне выветривания терригенных пород кунгурского яруса. Воды аллювиальных отложений широко развиты в долинах рек Сылвы, Шаквы, Барды и их притоков. Водоносными являются пески и галечники пойм, I и II аккумулятивных террас. Водоупором обычно служат глины и суглинки. Коэффициент фильтрации песков и галечников высокий, о чем свидетельствует быстрое восстановление уровня воды в колодцах и скважинах при интенсивном отборе (Г. А. Максимович, 1940; Л. А. Шимановский, 1958). Глубина залегания водоносного горизонта на первых террасах составляет 0,9–8,4 м, на вторых 3,0–20,1 м. Мощность слоя воды в колодцах колеблется от нескольких сантиметров до 6,6 м.

Воды элювиально-делювиальных и пролювиальных отложений в зависимости от рельефа залегают на глубине от 0,3 до 22 м. Столб воды в колодцах обычно не превышает 1 м. Водообильность элювиально-делювиальных отложений невелика. При интенсивном разборе вода быстро вычерпывается.

Трещинно-грунтовые воды зоны выветривания коренных пород (мергелей, песчаников) в зависимости от рельефа и мощности покровных отложений вскрыты колодцами на глубине от 5 до 22 м. Мощность слоя воды обычно изменяется от 0,4 до 3,0 м.

Основным источником питания грунтовых вод служат атмосферные осадки. Об этом свидетельствует повышение уровня воды в колодцах в дождливые периоды и весной после таяния снега. В карстовых районах в долинах рек, на склонах и в логах они могут питаться трещинно-грунтовыми, трещинно-пластовыми и карстовыми водами. Некоторые небольшие карстовые реки частично фильтруются в рыхлые отложения. Для сел Усть-Кишерть, Б. Ключи и д. Мазуевка установлено подпитывание грунтовых вод карстовыми. Здесь имеет места подземная разгрузка карстовых вод в аллювий.

Уровень грунтовых вод испытывает закономерные сезонные колебания. Максимальные уровни отмечаются обычно в мае и сентябре-октябре, минимальные – в феврале, марте, иногда в январе. Летний минимум затушевывается, но все же к концу лета население указывает на понижение уровня воды в колодцах. Амплитуды сезонных колебаний уровней достигают иногда 3,3 м (Л. А. Шимановский, 1958).

Значительные изменения уровня грунтовых вод отмечались в связи с карстовыми провалами в с. Усть-Кишерть в августе – сентябре 1949 г. Непосредственно выше провала по грунтовому потоку уровень воды резко понизился. В некоторых колодцах она исчезла. Постепенно уровень восстановился. В 1961–1962 гг. в некоторых населенных пунктах Березовского



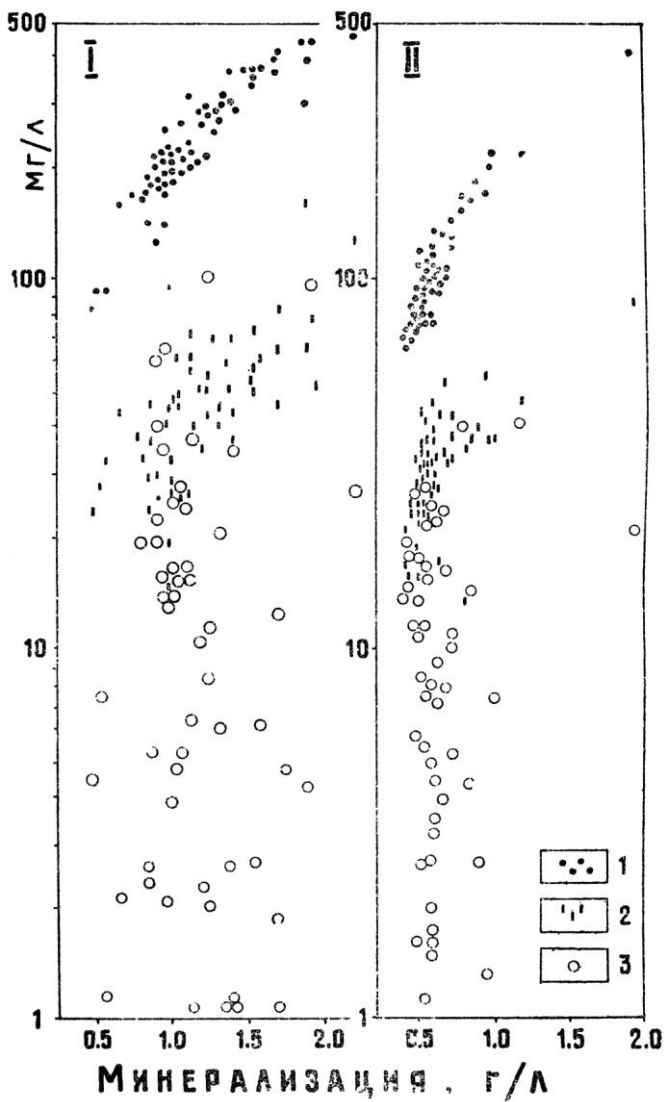


Рис. 42. Содержание ионов кальция (1), магния (2) и натрия + калия (3) в зависимости от минерализации в грунтовых водах: I – с. Усть-Кишерть, II – с. Б. Ключи.

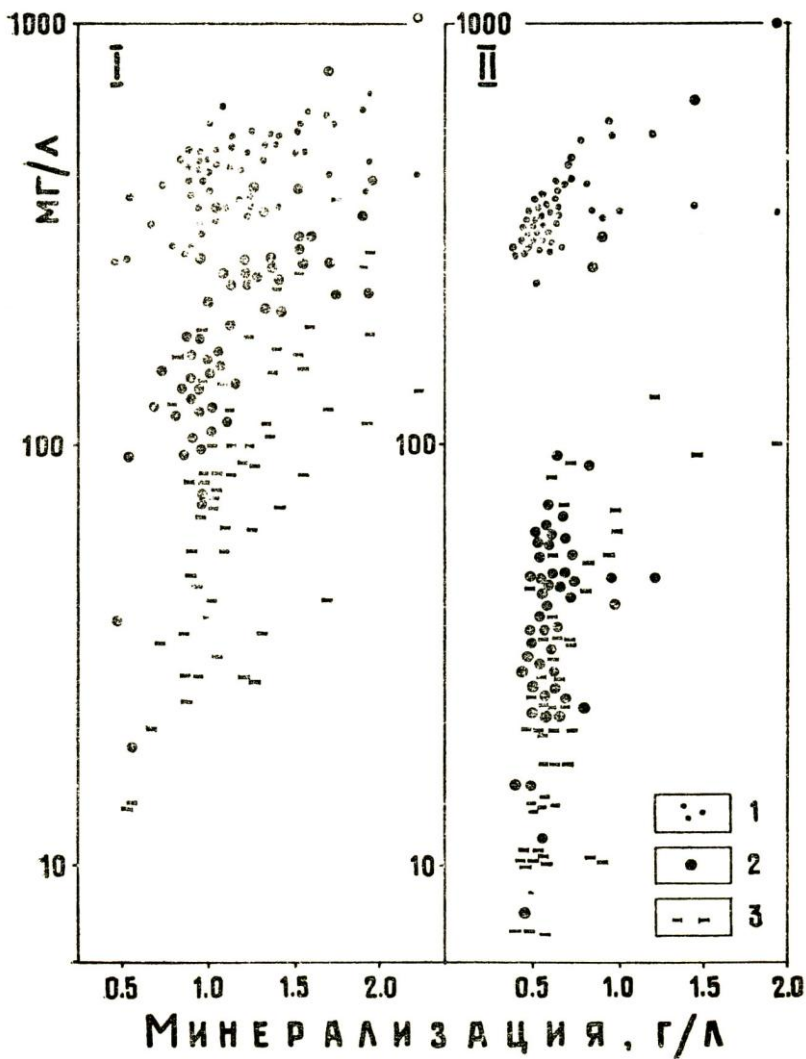


Рис. 43. Содержание ионов гидрокарбонатного (1), сульфатного (2) и хлоридного (3) в зависимости от минерализации в грунтовых водах: I — с. Усть-Кисертгь, II — с. Б. Ключи.района уровень грунтовых вод

изменился в связи со взрывами в сейсмических скважинах.

*Химический состав грунтовых вод* изучен по данным 510 химических анализов. Минерализация воды в колодцах изменяется от 110 до 3076 мг/л, В 367 колодцах из 510 она не превышает 1000 мг/л. Одной из причин высокой минерализации является значительное содержание нитратов (до 557 мг/л) и иона хлора (до 589 мг/л), указывающих на бытовое загрязнение. Подобное явление описано для Москвы (Ф. В. Котлов, 1961), Перми (Г. А. Максимович, Е. А. Борисова, М. Г. Оборина, 1949), для района с. Усть-Кишерть (Г. А. Максимович, К. А. Горбунова, 1960).

Другая причина увеличения минерализации грунтовых вод до 1500–2013 мг/л – подток сульфатных карстовых вод с минерализацией 1805–2630 мг/л. Это установлено для сел Березовка и Усть-Кишерть и деревень Мазуевка и Зуево.

В районе с. Б. Ключи, где грунтовые воды питаются пресными гидрокарбонатно-кальциевыми карстовыми водами Уфимского вала, минерализация и загрязнение их уменьшаются. На рис. 42, 43 показано содержание в грунтовых водах основных ионов в зависимости от минерализации. Для с. Усть-Кишерть значительная часть точек сконцентрирована в интервале минерализации 1,0–1,5 г/л, а для с. Б. Ключи 0,5–1,0 г/л. На рис. 43 видно смещение точек, соответствующих содержанию сульфат-иона, для с. Усть-Кишерть вверх.

Основными компонентами грунтовых вод данного района являются  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$ .

Гидрокарбонатный ион содержится в количествах от 49 до 952 мг/л, в большей части колодцев 300–500 мг/л. Наибольшее содержание его наблюдается в местах развития карбонатных пород и в загрязненных водах.

Сульфатный ион не обнаружен только в двух пробах. Основным источником его являются сульфатные породы. В местах подтока в грунтовые воды сульфатных карстовых вод в с. Усть-Кишерть содержание сульфат-иона составляет 100–300 мг/л, а в некоторых колодцах достигает 1017 мг/л. Подобное же явление установлено для с. Березовка. В с. Б. Ключи, где грунтовые воды питаются пресными гидрокарбонатными карстовыми водами, содержание сульфат-иона не превышает 100 мг/л. Другой источник сульфатов в грунтовых водах – процессы распада и окисления органических веществ растительного и животного происхождения.

Ион хлора обнаружен в водах всех колодцев в количествах от 7 до 589 мг/л в зависимости от степени загрязнения. В районе д. Шумково концентрация его достигает 113–156 мг/л. Здесь возможно подпитывание грунтовых вод солеными

водами более глубоких горизонтов, омывающих соляные залежи.

Ион кальция появляется в основном за счет растворения карбонатов и сульфатов кальция. Содержание его изменяется от 8 до 450 мг/л. Большая часть колодцев с. Березовка и пос. Суксун содержит кальция от 100 до 200 мг/л, а в с. Усть-Кишерть от 150 до 400 мг/л. Более высокая концентрация кальция в колодцах с. Усть-Кишерть объясняется подтоком сульфатных карстовых вод и загрязнением. В с. Б. Ключи содержание ионов кальция в большей части проб от 60 до 150 мг/л (рис. 42).

Ион магния поступает в грунтовые воды при выщелачивании доломитов и мергелей. В большей части колодцев магний составляет 10–80 мг/л и в отдельных 100–150 мг/л. Последнее отмечено на участках, где грунтовые воды приурочены к выветрелым мергелям.

Ионы натрия и калия поступают в грунтовые воды из глин при обменной адсорбции, а местами из более глубоких водоносных горизонтов, растворяющих каменную соль. Содержание их обычно не превышает 100 мг/л. Оно возрастает также до 320 мг/л в местах бытового загрязнения.

Грунтовые воды населенных пунктов обычно сильно загрязнены. Показателем загрязнения является почти повсеместное значительное содержание ионов нитратного, нитритного, аммония и хлора. Нитратный ион зафиксирован в 507 колодцах

Таблица 8

Количество колодцев с различным содержанием нитратного иона, %

Населенный пункт	Количество колодцев (100%)	Содержание NO <sub>3</sub> , мг/л		
		менее 40	40–100	100–557
Березовка	83	22,0	30,0	48,0
Усть-Кишерть	40	35,0	25,0	40,0
Суксун	36	38,8	25,0	36,2
Весь район	510	36,5	31,0	32,5

из 510. Наибольшее его количество составляет 557 мг/л. 63,5 % от общего количества колодцев содержит нитратов более нормы (табл. 8). Наиболее загрязнены грунтовые воды сел Березовка, Усть-Кишерть. Нитритный ион не обнаружен только лишь в 9 колодцах из 510. Максимальное содержание его достигает 30 мг/л. Примерно половина колодцев (47 %) исследуемого района отличается водой с содержанием нитритного иона более 0,1 мг/л (табл. 9).

На рис. 44 показано содержание нитритного и нитратного ионов в грунтовых водах сел Усть-Кишерть и Б. Ключи. В с. Б. Ключи, где грунтовые воды приурочены к хорошо проницаемым аллювиальным отложениям и питаются частично чистыми карстовыми водами из карбонатных отложений Уфимского вала, содержание нитратного иона в большей части колодцев не превышает 100 мг/л. В с. Усть-Кишерть,

Таблица 9  
Количество колодцев с различным содержанием нитритного иона, %

Населенный пункт	Количество колодцев (100%)	Содержание, мг/л NO <sub>2</sub>	
		менее 0,1	более 0,1
Березовка	83	38,5	61,5
Усть-Кишерть	40	35,0	65,0
Суксун	36	50,0	50,0
Весь район	510	53,0	47,0

где явно выражено только на одном участке, около 40 % колодцев отличаются содержанием нитратного иона более 100 мг/л.

Ион аммония в водах большей части колодцев не превышает десятых долей мг/л, в незначительной части достигает 1–5 мг/л и в одном 18 мг/л.

Органическое вещество в грунтовых водах определялось по величине окисляемости. Эта величина изменяется от 0 до 17,6 мг/л O<sub>2</sub>. Большая часть колодцев района (61,3%) имеет окисляемость воды менее 3 мг/л O<sub>2</sub>.

Жесткость грунтовых вод района колеблется от десятых долей до 36 мг-экв. При характеристике ее применяется классификация О. А. Алекина (1953). Значительная часть колодцев (89,6%) имеет жесткую и очень жесткую воду (табл. 10).

Таблица 10  
Процент колодцев с водой различной жесткости

Район	Количество колодцев (100%)	Жесткость, мг/экв			
		менее 3	3–6	6–9	более 9
С. Березовка	111	–	3,6	23,4	73,0
С. Усть-Кишерть	59	–	–	0,7	98,3
Пос. Суксун	68	5,9	13,2	21,9	59,0
Весь район	510	1,2	9,2	32,0	57,6

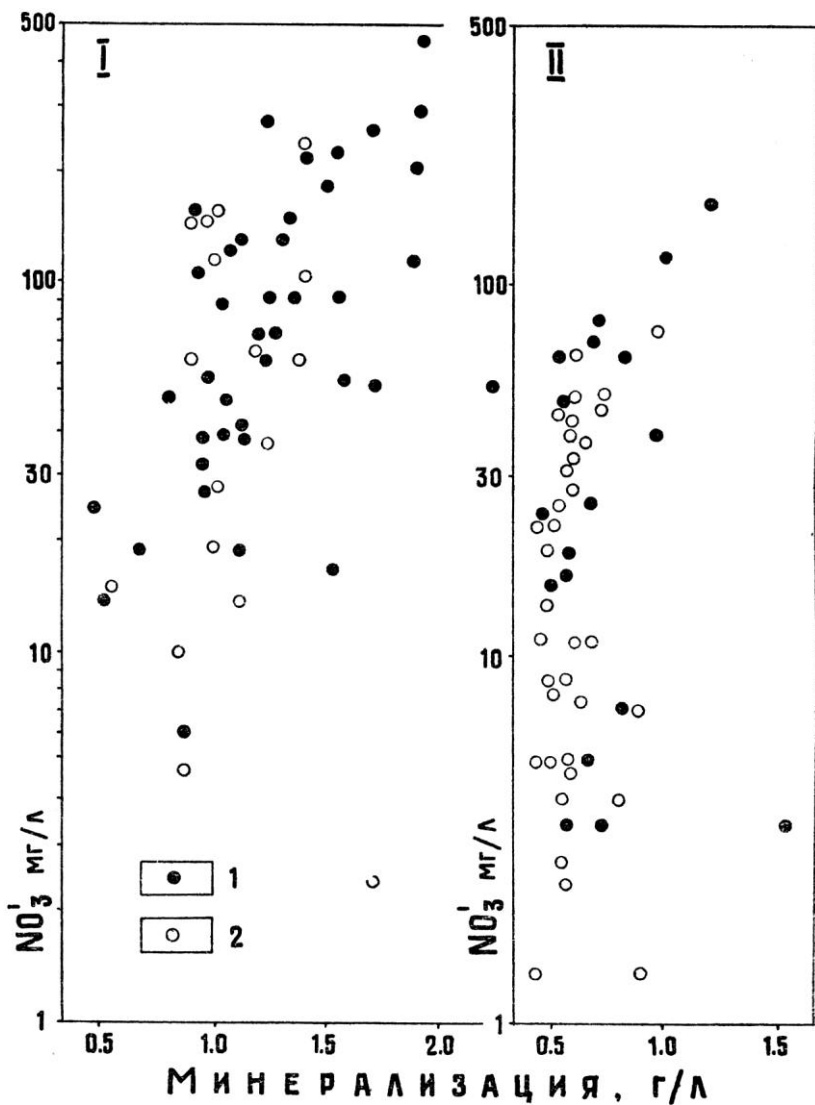


Рис. 44. Содержание нитратного и нитритного ионов в грунтовых водах: I – с. Усть-Кишерть, II – с. Б. Ключи. Содержание нитритного иона в мг/л: 1 – более 0,1; 2 – менее 0,1.

Наибольшей жесткостью отличаются грунтовые воды в районе с. Усть-Кишерть, где они подпитываются очень жесткими карстовыми водами из сульфатных отложений. От мест подпитывания жесткость закономерно уменьшается вниз по грунтовому потоку. Загрязненные воды также отличаются повышенной величиной жесткости.

Общее представление о весовом соотношении растворенных в воде веществ дают гидрохимические фации. Климатические условия обуславливают преобладание гидрокарбонатно-кальциевых гидрохимических фаций. Район относится к зоне преобладания гидрокарбонатно-кальциевых гидрохимических фаций грунтовых вод лесного пояса умеренного климата (Г. А. Максимович, 1955). Влияние местных факторов – литологического, гидрогеологического и антропогенного – приводит к появлению не типичных для данной климатической зоны гидрохимических фаций. На участках развития легкорастворимых сульфатных пород, подстилающих грунтовые воды, и в местах подтока сульфатных карстовых вод появляются сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевые, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые гидрофации. Такое явление установлено для сел Усть-Кишерть и Б. Ключи и для деревень Мазуевка, Шумково и др.

Деятельность человека может приводить к загрязнению грунтовых вод, в результате чего происходит замена третьего, а в некоторых случаях второго и даже первого компонентов, гидрохимической фации ионами хлора и нитратным.

Для грунтовых вод ряда населенных пунктов; поселка Суксун, сел Березовка, Усть-Кишерть, Б. Ключи, деревень Мазуевка, Шумково были составлены карты минерализации, содержания сульфат-иона, жесткости, гидрохимических фаций, загрязнения. Они позволили выявить влияние карста на химический состав грунтовых вод и уточнить места подземной разгрузки карстовых вод. Рассмотрим три участка с различной степенью влияния карста на грунтовые воды.

С. Березовка расположено на левобережье р. Шаквы в месте впадения в нее р. Березовки. Эта территория сложена породами кошелевской свиты, перекрытыми элювиальными и аллювиальными отложениями. Кошелевская свита выходит на поверхность в оврагах и небольших долинах в окрестностях с. Березовка.

Грунтовые воды приурочены к галечникам и пескам, залегающим в основании террас рек Шаквы и Березовки (Г. А. Максимович, К. А. Горбунова, А. М. Оскотский, 1963). Они вскрыты многочисленными колодцами. Летом 1959 г. Е. А. Иконников, В. П. Костарев и А. М. Оскотский произвели замеры глубин и отбор проб воды в 86 колодцах на территории с. Березовка. Глубина залегания грунтовых вод зависит

от рельефа. В центре селения, в квартале между улицами Кирова и Советской от стадиона до Дома культуры, глубина до зеркала грунтовых вод 5–8 м. В сторону рек Шаквы, Березовки и Шумихи она уменьшается.

Минерализация воды изменяется от 430 до 2316 мг/л. В большей части колодцев она составляет 700–1200 мг/л. Одной из причин высокой минерализации является значительное содержание ионов хлора и нитратного. На рис. 45 показано изменение сухого остатка по площади. Величина его увеличивается вниз по грунтовому потоку, что в значительной степени обусловлено загрязнением. В 16 колодцах из 86 сухой остаток более 1000 мг/л.

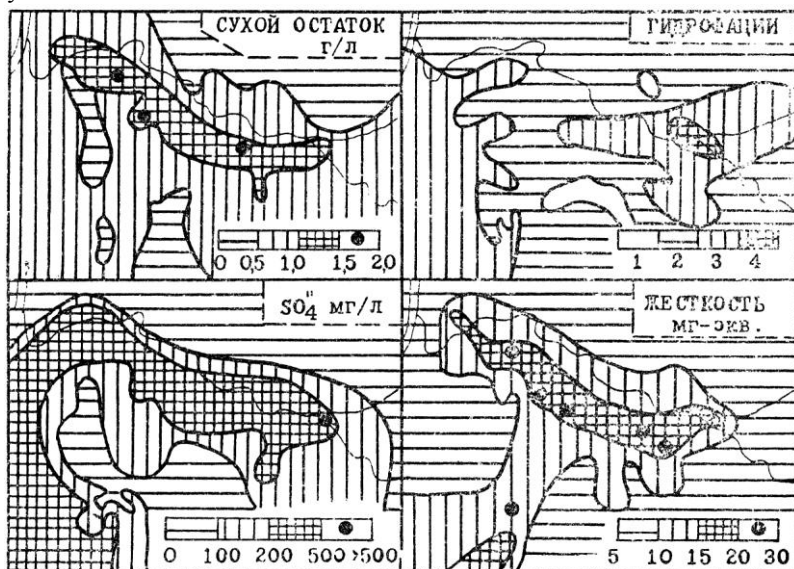


Рис. 45. Грунтовые воды с. Березовка.

Гидрохимические фации: 1 –  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ , 2 –  $\text{HCO}_3\text{-Ca-SO}_4$ , 3 –  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ , 4 –  $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca}$ .

Грунтовые воды относятся преимущественно к двум гидрофациям: гидрокарбонатно-кальциево-сульфатной и гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевой. Реже встречается гидрокарбонатно-кальциево-магниева и по двум родникам выявлена сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевая гидрохимические фации (рис. 45). Наличие в качестве первого и второго компонентов сульфат-иона связано с подтоком трещинно-пластовых вод из гипсоносных песчаников. Западное поле гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевой гидрофации прослеживается



вается к ю.-з. на д. Пирожково и далее по левому берегу р. Шаквы до д. Бурьлово. Севернее, южнее и восточнее с. Березовка наблюдается преобладание гидрокарбонатно-кальциево-магниевого гидрофаций с минерализацией менее 1 г/л.

Содержание сульфат-иона в большей части колодцев находится в пределах 100–500 мг/л. Повышенное содержание сульфатов отмечается вдоль р. Березовки и в западной части вблизи р. Шаквы. Здесь, вероятно, происходит частичная разгрузка более глубоких подземных вод из загипсованных отложений в грунтовый поток.

Жесткость в общих чертах изменяется аналогично минерализации. Наиболее жесткая вода наблюдается в колодцах, тяготеющих к р. Березовке. В большей части колодцев она составляет 10–20 мг-экв и лишь в трех соответствует стандарту (менее 7 мг-экв).

Содержание нитратного и нитритного ионов увеличивается по направлению к р. Березовке. Содержание нитратного иона в трех колодцах достигает 300–375 мг/л, а в 21 – не превышает 40 мг/л. На существующее загрязнение указывает наличие во всех колодцах нитритного иона. В 80 колодцах отмечено присутствие иона аммония. По содержанию иона хлора санитарной норме отвечают лишь 22 колодца. Среднее же содержание его составляет 50–100 мг/л. Если учесть все требования, предъявляемые к питьевой воде, и принять допустимым содержание ионов  $\text{NO}_2$  и  $\text{NH}_4$  не более 0,1 мг/л, то при условии смягчения воды кипячением из 86 обследованных колодцев могут быть использованы для питьевого водоснабжения только лишь 7.

На формирование химического состава грунтовых вод района с. Березовки большое влияние оказывает бытовое загрязнение и наличие загипсованных песчаников, подстилающих водоносный аллювий.

С. Усть-Кишерть расположено на I и II террасах р. Сылвы. Под толщей аллювия здесь залегают гипсы и ангидриты, а в западной части мергели и доломиты. Воды гипсового карста с минерализацией 1805–2530 мг/л дают источники на дне Низковской депрессии, у д. Зуево и в южной части оз. Кислое. Они вскрыты также скважинами, пробуренными на территории с. Усть-Кишерть.

Грунтовые воды на территории с. Усть-Кишерть приурочены к пескам и галечникам, залегающим в основании аккумулятивных террас рек Сылвы и Кишертки. Колодцы, вскрывающие грунтовые воды, изучались в 1943, 1946, 1949, 1957–1959 гг. Для террас р. Сылвы установлены следующие гидрогеологические условия.

	Глубина до воды, м	Столб воды м	Глубина колодцев, м
I терраса	2,6–6,3	0,1–1,6	3,9–6,7
II терраса	6–11	0,3–3,9	7–15

Грунтовый поток стекает от тыловых швов террас к рекам Сылье и Кишертке с местными отклонениями вблизи древних провалов.

По данным химических анализов проб воды из 59 колодцев, отобранных летом 1958 г., минерализация грунтовых вод изменяется от 463 до 2232 мг/л. Одной из причин высокой

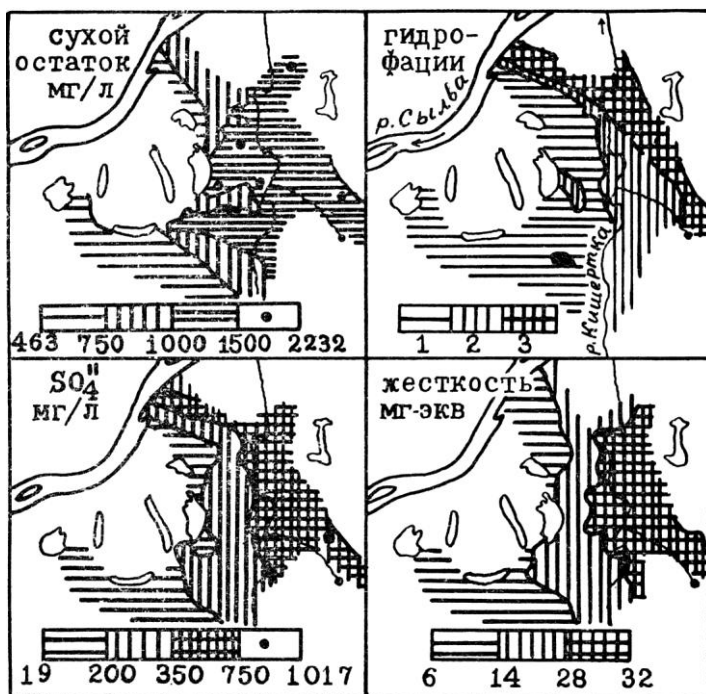


Рис. 46. грунтовые воды с. Усть-Кишерть. Гидрохимические фации: 1 –  $\text{HCO}_3\text{-Ca-SO}_4$ , 2 –  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ , 3 –  $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca}$ .

минерализации является значительное содержание ионов хлора (до 283 мг/л) и нитратного (до 456 мг/л) а также сульфатов кальция, поступающих с карстовыми водами из загипсованных отложений. На рис. 46 показано изменение величины сухого остатка по площади (крайние пределы в условных обозначениях – минерализация). Сухой остаток от 750 до

1500 мг/л характерен для поля, расположенного между д. Зуево и озерами Яма и Кислое, к з. и ю.-з. от этого поля он составляет менее 750 мг/л.

Грунтовые воды относятся в основном к трем гидрохимическим фациям (рис. 46). В д. Зуево и на с.-з. от нее находится поле сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевой гидрофации. Оно обусловлено разгрузкой вод гипсового карста в грунтовые. Ниже по грунтовому потоку по правому и левому берегам р. Кишертки это поле сменяется полем гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевых вод. В остальной части с. Усть-Кишерть преобладает гидрокарбонатно-кальциево-сульфатная гидрофация. Таким образом, от д. Зуево, то есть от места подтока сульфатных карстовых вод, к р. Сылве вниз по грунтовому потоку наблюдается следующая смена гидрохимических фаций: сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевая, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевая, гидрокарбонатно-кальциево-сульфатная. Сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевые воды, имеющие высокую минерализацию и значительное содержание сульфат-иона, непригодны для питья.

Наиболее высокое содержание сульфатного иона (рис. 46) отмечено в колодцах в д. Зуево (до 1017 мг/л), а также вблизи р. Кишертки (более 350 мг/л). Западнее ее содержание сульфат-иона уменьшается до 200–350 мг/л, а в самой западной части составляет менее 200 мг/л. Изменение величины жесткости в основном соответствует изменению сульфат-иона. Жесткость более 28 мг-экв отмечается у д. Зуево и по р. Кишертке. К западу она уменьшается до 14 мг-экв и в самой западной части с. Усть-Кишерть составляет 6–14 мг-экв.

Содержание нитратного иона только в 18 колодцах соответствует норме (менее 40 мг/л), в остальных же значительно превышает норму, достигая в отдельных случаях 223–456 мг/л. Показателем свежего загрязнения является присутствие в некоторых колодцах нитритного иона, достигающее 1,4 мг/л, а также иона аммония. Титр кишечной палочки в большей части колодцев не отвечает стандарту. Водой, по химическому и бактериологическому составу близкой к стандарту, обладают 6 колодцев. В с. Усть-Кишерть на одном участке установлено явное подпитывание грунтовых вод сульфатными карстовыми водами.

Район с. Б. Ключи расположен в долине р. Иргины, В сентябре 1958 г. Л. Н. Усольцев и Е. А. Иконников отобрали пробы воды на химический анализ из 42 колодцев. В настоящей работе приводятся данные о 37 колодцах сел. Б. Ключи и Брехово и деревень Мостовая, Осинцово и Усть-Лог.

Грунтовые воды приурочены к аллювию низкой аккумулятивной террасы р. Иргины и местами к элювиальным и делювиальным отложениям тыловых частей террасы и склонов.

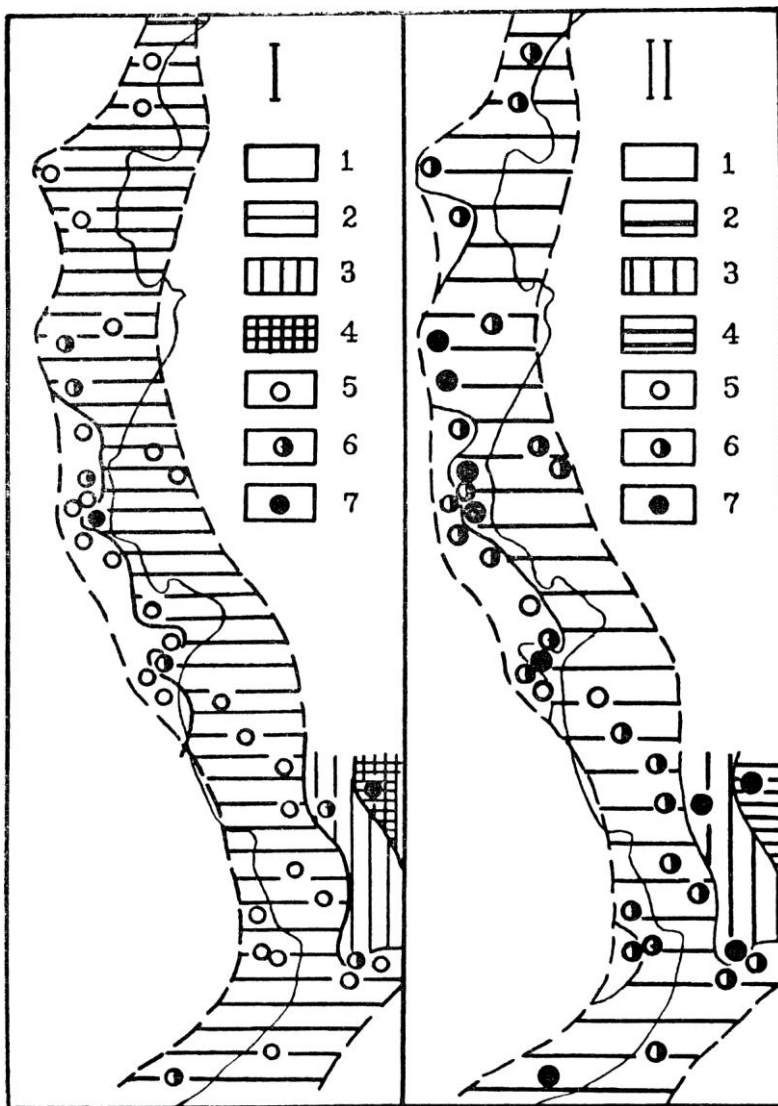


Рис. 47. Грунтовые воды с. Б. Ключи.

I. Гидрохимические фации: 1 –  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ , 2 –  $\text{HCO}_3\text{-Ca-SO}_4$ , 3 –  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ , 4 –  $\text{SO}_4\text{-Ca}$ ; сухой остаток: 5 – 250–500, 6 – 501–750, 7 – более 750 мг/л.

II. Содержание сульфатного иона в мг/л 1 – 12–25, 2 – 26–100, 3 – 101–400, 4 – 401–1013; жесткость в мг-экв.: 5 – от 3 до 6, 6 – от 6 до 9, 7 – от 9 до 27.

в долине р. Иргины разгружаются как в виде источников, так и в аллювий карстовые воды из карбонатных отложений Уфимского вала, а с востока – из сульфатных пород. Зеркало грунтовых вод в долине залегают на глубине от 1,8 до 2,8 м, в тыловых частях террасы от 3,4 до 5,8 м и в нижних частях склонов от 6,5 до 18,7 м.

Минерализация в большей части колодцев не превышает 1 г/л. Наибольшая минерализация 1922 мг/л обусловлена значительным содержанием сульфат-иона (1013 мг/л). Увеличение минерализации отмечается также в местах загрязнения (рис. 47).

Грунтовые воды в основном относятся к гидрокарбонатно-кальциево-сульфатной гидрофации. В местах подтока карстовых вод из филипповских доломитов на западе появляются гидрокарбонатно-кальциево-магниево-сульфатной гидрофации. В с. Брехово в месте подтока в грунтовые воды карстовых вод из гипсов выделяются поля сульфатнокальциево-гидрокарбонатной и гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевой гидрофаций.

Содержание сульфат-иона в большей части колодцев составляет 26–100 мг/л. В западной части в местах подтока известковых вод содержание его уменьшается до 12 мг/л. Подток сульфатных карстовых вод с востока ощущим в колодце 86, расположенном на аккумулятивной террасе вблизи уступа высокой закарстованной террасы. Здесь содержание сульфат-иона достигает 1013 мг/л. В сторону р. Иргины происходит разбавление сульфатных вод гидрокарбонатными, что сопровождается уменьшением содержания сульфат-иона, минерализации и изменением гидрохимической фации.

Номера колодцев	86	87	88
Минерализация, мг/л	1922	897	535
SO <sub>4</sub> , мг/л	1013	317	60
Гидрофация	SO <sub>4</sub> -Ca	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	HCO <sub>3</sub> -Ca-SO <sub>4</sub>

Жесткость только в трех колодцах составляет 3–6 мг-экв, т. е. вода умеренно жесткая. В 33 колодцах она жесткая (6–9 мг-экв) или очень жесткая (более 9 мг-экв), а в одном колодце (проба 86) достигает 27 мг-экв.

Содержание нитратного иона изменяется от 1,3 до 165 мг/л.

Содержание нитратного иона, мг/л	менее 10	11–40	более 40
Количество колодцев	10	15	12

Нитритный ион отсутствует в воде двух колодцев, в 25 содержание его менее 0,1 мг/л, а в 10 – от 0,1 до 0,35 мг/л. Ион

аммония отсутствует в 13 колодцах, в остальных количество его превышает 0,1 мг/л. Содержание иона хлора в двух колодцах от 7 до 10 мг/л, в 28 количество его составляет 11–40 мг/л и в семи – более 40 мг/л.

Приведенные данные показывают, что многие колодцы района с. Б. Ключи загрязнены нитратами, нитритами, аммиаком, хлором и имеют повышенную жесткость. В трех колодцах отмечаются высокое содержание сульфатов и связанная с этим значительная минерализация. Только в семи колодцах из 37 вода соответствует стандарту.

Питание грунтовых вод происходит не только за счет инфильтрации атмосферных осадков и речных вод в аллювиальные отложения, но в значительной степени за счет подтока пресных карстовых вод с запада и частично сульфатных с востока. Благодаря наличию мощного грунтового потока, хорошей фильтрации и подтоку с запада пресных карстовых вод грунтовые воды района с. Б. Ключи отличаются меньшей минерализацией и загрязнением.

На примере детально исследованных участков выявлено влияние карста и карстовых вод на состав грунтовых вод.

Основные особенности грунтовых вод карстовых районов можно сформулировать следующим образом.

1. Грунтовые воды питаются не только атмосферными осадками, но и карстовыми водами, поступающими в водоносный горизонт снизу или сбоку. В местах подтока карстовых вод резко увеличивается водообильность, изменяется минерализация и химический состав грунтовых вод.

2. Наряду с сезонными колебаниями проявляются эпизодические изменения уровня грунтовых вод, связанные с карстовыми провалами. Примером может быть с. Усть-Кишерть, где в 1949 г. после карстового провала вода из колодцев на некоторое время исчезла. Затем уровень ее постепенно восстановился.

3. В областях с достаточным увлажнением в хорошо проницаемых отложениях общая минерализация грунтовых вод, как правило, увеличивается на закарстованных участках. Особенно сильные изменения минерализации и химического состава наблюдаются в местах подтока карстовых вод из сульфатных и галоидных отложений.

На участках развития карбонатного карста грунтовые воды обычно имеют гидрокарбонатно-кальциевый, гидрокарбонатно-магниевый состав с минерализацией не более 0,5 г/л. В местах подтока сульфатных вод появляются сульфатнокальциевые, сульфатно-гидрокарбонатные воды с минерализацией более 1 г/л.

4. В населенных пунктах, при наличии постоянных источников загрязнения, грунтовые воды имеют повышенную минерализацию

за счет большого количества нитратов, хлоридов и других компонентов. В этом случае в местах подтока чистых, пресных карстовых вод из карбонатных отложений минерализация и загрязнение грунтовых вод уменьшаются по сравнению с соседними загрязненными участками.

## **ВЛИЯНИЕ КАРСТА НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД ОЗЕР-СТАРИЦ**

Гипсовый карст оказывает влияние на химический состав поверхностных вод. В июле 1958 г. в окрестностях с. Усть-Кишерть было обследовано 13 озер-стариц (рис. 48). Озера-старицы расположены на I террасе р. Сылвы. Форма их прямолинейная, дуговидная, подковообразная. Самое большое оз. Лапаево имеет длину 2500 м, ширину до 80 м. Оз. Кислое и 1943 г. имело площадь 87 тыс. и наибольшую глубину 2,1 м (Г. А. Максимович, 1956).

Приведем данные о размерах некоторых озер. Замеры глубины производились Ю. Н. Юшковым и А. Т. Шафрановым 30 июля – 2 августа 1958 г

Название озера	Площадь, тыс.	Глубина по профилю, м
Оброчное	33	1,2
Сысково	27	3,2
Головка	1,1	8,6
Мишуткино	24	–

Озеро Головка, вероятно, представляет собою воронку в древней старице.

В 1946 г. для кишертских озер по внешним морфологическим признакам были намечены четыре стадии развития, показанные на рис. 49 (К. А. Горбунова, 1956).

1. Заболачивание незначительное. Дно озера покрыто сапропелями. В этой стадии находятся озера Оброчное, Сысково, Мижувское, Кислое, Мишуткино.

2. Заболочены только концы. Длина заболоченной части составляет примерно  $\frac{1}{10}$  длины озера. Таковы озера Лапаево, Черепаново, Камышовое.

3. Сильно заболочены концы и выпуклые берега. Это озера Фомичевское, Кривое, Головка.

4. Болота.

В особую группу были выделены озера с малыми глубинами – Травяное и Осоковое. В настоящее время на месте Осокового озера находится луг. Озеро Травяное в сухие годы также пересыхает.

Озера питаются за счет атмосферных осадков, подземных и в высокие половодья речных вод. В питании некоторых озер значительная роль принадлежит карстовым водам. Большой интерес представляет оз. Кислое, обладающее большими запасами лечебной сероводородной грязи. В годы Отечественной войны она успешно применялась для лечебных целей. Это озеро детально исследовано в 1943 г. Г. А. Максимовичем (1956). Оно расположено на I террасе р. Сылвы у уступа II террасы. Восточный берег его гладкий в виде полукруга, а западный изрезанный, бухтовый. Протяжение между двумя наиболее



Рис. 48. Озера-старичи окрестностей с. Усть-Кишерть.

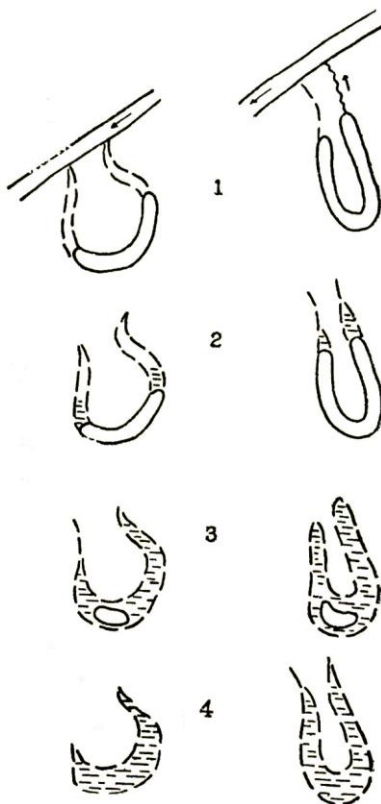


Рис. 49. Развитие озер-старич.

удаленными друг от друга точками контура составляло 550 м. Длина озера по Г. Ю. Верещагину 690 м, площадь – 87 300 м<sup>2</sup>. Глубина озера в центральной части по замерам 1943 г. по двум профилям не превышала 0,9 м. Наибольшая



глубина 2,1 м отмечена в юго-восточной части озера в воронке. Общий объем воды в озере 52 000 м<sup>3</sup>. Из озера вытекала небольшая речка с расходом 3168 м<sup>3</sup> в сутки.

Озеро питается грунтовыми водами, атмосферными осадками и водами поверхностного стока. Одним из основных источников питания являются карстовые воды. Это подтверждается наличием на поверхности льда в зимний период незамерзающих пятен воды. На выходы «ключей» в озере неоднократно указывали местные жители. 5 января 1948 г. отмечена полынья в юго-восточной части озера. Полыньи с поперечником 1–2 м наблюдались также в речке, вытекающей из оз. Кислое ниже мостика. Глубина речки здесь была 0,4–0,5 м течение медленное. Под слоем воды залегала сероводородная грязь мощностью 1 м. На дне даже в зимний период росли водоросли. Источник выходил в воронкообразном углублении в русле речки. После карстового провала, образовавшегося в с. Усть-Кишерть в 1949 г., воронка превратилась в поглощающую. Вода в русле ниже воронки исчезла. Площадь озера с 1943 по 1958 г. уменьшилась до 56 тыс. м<sup>2</sup>. В последующие годы сток из озера восстановился.

Химический состав озер-стариц охарактеризован по данным

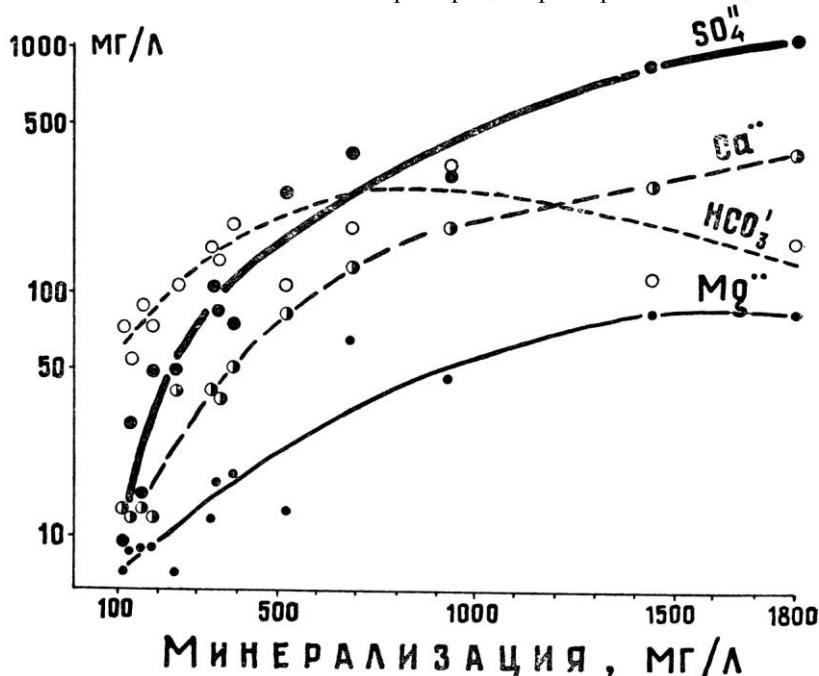


Рис. 50. Изменение гидрохимических фаций озер-стариц при увеличении минерализации.

20 химических анализов проб воды, отобранных в июле 1958 г. Минерализация воды в летний период изменяется от 118 мг/л в оз. Камышовое до 1805 мг/л в оз. Кислое.

Основными ионами являются гидрокарбонатный, кальциевый, сульфатный. При увеличении минерализации соотношение их изменяется (рис. 50). При этом происходит следующая смена гидрохимических фаций: гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевая, сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевая, сульфатно-кальциево-гидрокарбонатная. В заболоченных озерах, таких, как Фомичевское, Травяное, появляются гидрокарбонатно-сульфатно-натриевые гидрофации с содержанием натрия и калия до 19–28 мг/л.

Содержание сульфат-иона в озерной воде изменяется от 9 до 1114 мг/л. Наиболее высокое содержание его отмечено в озерах Мишуткино, Оброчное, Каравашек, расположенных на участках активного сульфатного карста. На дне оз. Кислое в юго-восточной части вытекает сульфатный источник. Роль сульфатов в увеличении минерализации озерной воды показана на рис. 51.

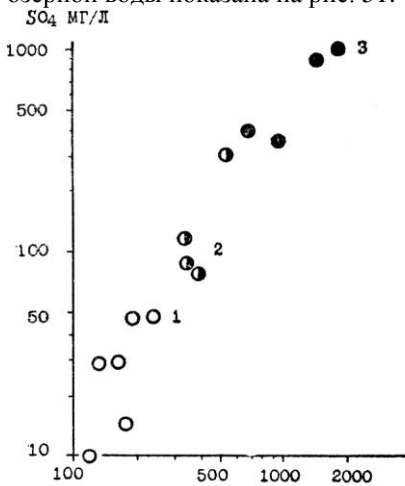


Рис. 51. Содержание сульфат-иона в водах озер-старич; 1 – очень мягкие и мягкие воды; 2 – умеренно жесткие; 3 – очень жесткие.

заболоченных озерах вода слабо кислая (6,2–6,6), в остальных 9 нейтральная или слабо щелочная (7,2–8,6).

В озерах развивается богатая растительность и разнообразный животный мир. С жизнедеятельностью водных организмов связано присутствие в воде ионов аммония, нитритного и нитратного. Содержание иона аммония обычно составляет

На дне некоторых озер сульфаты частично восстанавливаются до сероводорода, особенно в зимний период.

Увеличение в воде сульфатов отражается и на других свойствах воды. Озера с малой минерализацией и содержанием сульфат-иона менее 60 жг/л имеют очень мягкую и мягкую воду (рис. 51). По мере увеличения минерализации и содержания сульфат-иона появляются умеренно жесткие и очень жесткие воды.

Реакция воды (рН) в озерах зависит от минерализации и состава воды. В четырех

0,1–0,7 мг/л и только в озерах Кривое и Кислое достигает 1,0–3,0 мг/л. Высокое содержание его в оз. Кислое объясняется, вероятно, восстановительной обстановкой в придонных слоях. В присутствии достаточного количества кислорода ион аммония при участии бактерий окисляется в нитритный, а затем в нитратный ионы. Эти ионы являются конечным продуктом сложного процесса минерализации органического вещества. Нитритный ион присутствует в воде всех озер в количестве от 0,1 до 0,5 мг/л в оз. Кривое. Нитратный ион отсутствует в шести озерах, а в остальных содержание его составляет 2,1–3,8 мг/л.

Содержание органического вещества определяется по количеству кислорода, расходуемого на его окисление. Окисляемость по кислороду равна 4,3–24,9 мг/л, что соответствует содержанию органического вещества 91–524 мг/л.

Наиболее интересно в гидрохимическом отношении оз. Кислое. В 1958 г. были отобраны две пробы воды: одна вблизи поверхности в северо-восточной части озера, другая – у восходящего источника. Вода вблизи источника 30 июня 1958 г. имела минерализацию 1805 мг/л, то есть больше, чем в остальной части озера. Летом 1959 г. были отобраны четыре пробы воды: у восходящего источника с поверхности и у дна, на середине и в северной части. Пробы воды вблизи источника оказались одинаковыми по составу. Почти такой же химический состав и минерализацию 1449 мг/л имела вода и в остальной части озера. Значительное повышение минерализации, до 2151 мг/л, установлено в декабре 1963 г. Вода в озере имеет состав, аналогичный карстовому источнику у д. Зуево.

Химический состав озерной воды отражается на составе озерных отложений. Наиболее изучены илы оз. Кислое. В 1943 г. они были вскрыты скважинами ручного бурения. Скважина вблизи озера дала следующий разрез:

Описание слоев	Глубина, м
Растительный слой	0,2
Суглинок желтый, местами бурый	1,0
Суглинок желто-бурый	1,3
Ил серый, зеленоватый	2,5
Ил зеленовато-серый	2,8
Ил светло-синий, внизу более зеленоватый	3,3
Ил зеленоватый	3,6
Ил коричнево-зеленый и зеленый	4,1
Глина зеленая	4,8

Скважина в юго-западной части озера была пройдена до глубины 0,8 м. После растительного слоя с обломками раковин здесь залегает тонкий пропласток глины, а глубже – желтая глина.

Ряд скважин пробурен с плота. По данным бурения дно сложено растительным детритом с раковинами, подстилаемым черным маслянистым, сильно пахнущим сероводородом, илом. Этот ил использовался в качестве лечебной грязи. Анализы лечебной грязи приведены в табл. 11.

Таблица 11

Анализ грязи оз. Кислое на 100 г сухой грязи, %  
(Г. А. Максимович, 1956 г.)

	Номера проб			
	1	2	3	4
Кристаллический скелет				
CaCO <sub>3</sub>	43,57	44,94	13,09	28,23
CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	4,51	7,00	2,50	4,33
MgCO <sub>3</sub>	3,32	1,88	2,90	1,90
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0,74	0,52	0,61	0,78
Сумма	52,14	54,34	19,10	35,24
Коллоидный комплекс				
SiO <sub>2</sub>	23,82	23,42	49,82	32,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,07	2,39	3,90	3,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,13	3,71	5,66	5,15
MnO	0,04	0,04	0,07	0,05
FeS	0,20	0,12	0,13	0,12
Сумма	30,26	29,68	59,58	40,45
Органическое вещество	17,60	15,98	21,32	24,69

Данные анализов показывают, что основным компонентом кальциево-магнезиального скелета является карбонат кальция.

Наличие сернистого железа показывает на восстановление окислов железа илов сероводородом. Сернистое железо, составляющее от 0,12 до 0,20 %, и органическое вещество от 15,98 до 24,69 % указывают на высокое качество грязи. Согласно мнению профессора А. А. Печеркина, по характеру кальциево-магнезиального скелета грязи оз. Кислое сходны с грязями озер Тамбуканского и Тузлучного. Коллоидальность этих грязей значительно выше, чем в озерах Горьком и Тамбуканском.

Зондирование, проведенное с плота, показало, что слой лечебной грязи имеет мощность до 1,85 м. При мощности слоя только в 1 м и рабочей площади 70 тыс. запас лечебной грязи составит 70 тыс. м<sup>3</sup>. Необходимо также учесть, что отработанные и сброшенные в озеро грязи будут снова регенерироваться. Анализ грязи оз. Кислое еще раз подтверждает вывод о частичном выпадении карбонатов кальция в осадок в озерах с сульфатной водой (К. А. Горбунова, 1962). В кристаллическом скелете грязей около 44 % приходится на карбонаты кальция. На дне оз. Кислое сульфаты восстанавливаются при участии микроорганизмов до сероводорода, запах которого ощущается вблизи озера.

Одним из основных факторов, влияющих на формирование химического состава озерной воды, является климат. Состав озерной воды и осадков подвержен широтной и вертикальной зональности. Исследованные озера относятся к зоне преобладания гидрокарбонатно-кальциевых гидрохимических фаций озер лесного пояса северного полушария (Г. А. Максимович, 1955).

В районах гипсового карста на состав поверхностных вод влияют такие факторы, как питание карстовыми водами и состав пород. Влияние этих факторов приводит к появлению не типичных для данной географической зоны гидрохимических фаций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сульфатный карст – мощный геологический фактор. Длительное выщелачивание гипсов и ангидритов сопровождается замещением этих пород карстовыми брекчиями или полным исчезновением их из геологического разреза.

На своеобразии морфологии гипсового карста указывали многие исследователи (Г. А. Максимович, 1962; К. А. Горбунова, 1964; К. Г. Бутырина, 1964). Для него характерны большие плотности карстовых воронок, значительные площадные и объемные коэффициенты закарстованности. Объемный коэффициент впервые вычислен для Ключевского участка исследованного района. Для открытого сульфатного карста типичны провальные воронки. Интересны крупные котловины, озерные и родниковые депрессии типа польев. Очень часто встречаются небольшие по площади, но глубокие карстовые озера в разных стадиях развития.

Карстовые воды отличаются концентрированным стоком, высокой минерализацией, сульфатно-кальциевым составом. Наряду с обводненными зонами встречаются совершенно безводные толщи сульфатных пород, являющихся водоупором.

Сульфатный карст влияет на многие элементы ландшафта. На закарстованных участках величина объема весеннего стока уменьшается на 20–30 % по сравнению с незакарстованными участками (В. А. Балков, 1959). Небольшие карстовые реки, текущие по загипсованным отложениям, имеют пестрый химический состав и разнообразную минерализацию. Расходы и гидрохимический облик их определяются положением мест разгрузки карстовых вод в долине. Для транзитных рек на участках активного карста наблюдается поглощение в карстовые полости. Для р. Сылвы это установлено на участке Подкаменное – Троица (А. М. Гаврилов, 1960).

В районах сульфатного карста увеличивается химический сток (Е. А. Лушников, Г. Г. Жидкова, 1964).

На площадях развития активного сульфатного карста появляются грунтовые воды с повышенной минерализацией и сульфатно-кальциевым составом, часто не пригодные для питьевого водоснабжения.

Приток сульфатных карстовых вод отмечается в некоторых озерах-старицах. Это отражается на изменении состава их воды. В определенных условиях за счет восстановления сульфатов в озерных илах появляется сероводород. При больших запасах сероводородные грязи могут быть использованы для лечебных целей (Г. А. Максимович, М. Н. Чистяков, 1957).

Активность сульфатного карста в десятки раз превышает активность карбонатного. Участки развития его неблагоприятны в инженерно-геологическом отношении.

Особенности сульфатного карста необходимо учитывать при решении вопросов водоснабжения, при проектировании дорог, различного рода сооружений.

## ОПИСАНИЕ ЭКСКУРСИЙ

Маршруты по Кишертско-Суксунокому карстовому району целесообразно начинать от ст. Кишертъ и г. Кунгур, связанных с городами Пермь и Свердловск железной дорогой. От с. Усть-Кишертъ идет дорога через с. Седа, д. Мазуевка, д. Дикое озеро и с. Советная на пос. Суксун, а также на север до с. Березовка. Город Кунгур имеет с пос. Суксун и с. Б. Ключи автобусное сообщение по Сибирскому тракту.

Наиболее интересны следующие маршруты.

*Маршрут в окрестностях с. Усть-Кишертъ.* Общая протяженность около 10 км (рис. 52). По Свердловской железной дороге доехать до ст. Кишертъ.

С. Усть-Кишертъ расположено в живописной долине р. Сылвы на террасах. В правом крутом склоне долины напротив д. Мижуево обнажены сылвенские рифовые массивы, а у д. Грибушино – саргинские. Гора Кленовая между д. Грибушино и с. Посад-Кишертъ представляет собою отпрепарированный риф. На склоне ее есть пещера длиною 10 м. В логах у д. Зуево в мергелях встречаются отпечатки пермских насекомых.



Рис. 52. Схема маршрута в окрестностях с. Усть-Кишертъ.

На левом берегу в излучине р. Сылвы ниже д. Мижуево вытекают многочисленные источники пресных карстовых вод (стр. 17). Уд. Зуево в воронке выходит восходящий источник сульфатного состава (рис. 8, стр. 23). На территории селения много карстовых озер провального происхождения (стр. 39), озер-стариц (стр. 103). В оз. Кислое добывали лечебную

сероводородную грязь. Интересны мерзлотные формы рельефа – бугры-могильники, расположенные между озерами Оброчным и Кислым.

*Маршрут с. Усть-Кишерть – с. Посад-Кишерть.* Общая протяженность около 20 км. Дорога от с. Усть-Кишерть до с. Посад-Кишерть проходит по первой террасе р. Сылвы, для которой характерен гривистый рельеф, старицы в разных стадиях угасания, местами поля карстовых воронок. По правому берегу р. Сылвы у с. Посад-Кишерть обнажены гипсы и мергели поповской свиты кунгурского яруса, а выше по течению в излучине над рекой поднимается гора-риф Камешок. У подножия ее на первой террасе р. Сылвы в 1954 г. возникло четыре провальные воронки (стр. 74). В оврагах в окрестностях с. Посад-Кишерть можно наблюдать выходы карстовых брекчий. Севернее р. Сылвы на водоразделе часто встречаются карстовые воронки, котловины, карстово-эрозионные лога, озера (стр. 37). У д. Верх-Пеньки старые выработки вскрывают третичные огнеупорные глины.

*Маршрут с. Усть-Кишерть – д. Низкое.* Протяженность 10–15 км. Из с. Усть-Кишерть дорога, проложенная по левому берегу р. Кишертки, приведет в д. Низкое. Здесь в заболоченной депрессии вытекают восходящие сульфатные источники (стр. 24), дающие начало речке. Очень красива сухая долина с крутыми склонами, в которых обнажены известняки с богатой фауной. От восходящих источников можно подняться на водораздел до д. Дремино. Здесь много карстовых воронок, встречаются небольшие озера и болота (стр. 42).

Из д. Низкое можно возвратиться в с. Усть-Кишерть или продолжить маршрут на с. Седа до д. Мазуевка.

*Маршрут с. Усть-Кишерть – с. Седа – д. Мазуевка.* Общая протяженность маршрута при условии возвращения в с. Усть-Кишерть 30–35 км. С. Седа расположено на тракте Усть-Кишерть – Суксун в долине р. Сединки (стр. 64). Склоны долины закарстованы. Отсюда можно попасть в д. Бурцево. Бурцевская карстовая депрессия отличается многочисленными озерами со сплавиной, воронками. На склонах ее обнажаются гипсы, карстовые брекчии, известняки (стр. 42).

Следующая на тракте д. Мазуевка. Выше пруда по левому берегу р. Мазуевки вытекают источники. От них ложбина приводит в карстовую депрессию. Эта депрессия – одна из живописнейших в Приуралье (стр. 43). Рядом с глубокой мрачной котловиной оз. Черная Яма расположены озера Большое и Светлая Яма, на крутых берегах которых поднимаются белые скалы гипса. В воровке Волчья Яма есть пещера длиной 65 м.

*Маршрут д. Мазуевка – пос. Суксун.* Протяженность 12–15 км. Маршрут проходит по тракту и пересекает две



карстовые депрессии Дикоозерскую и Суксунско-Советинскую (стр. 46–50, 81).

*Маршрут г. Кунгур – пос. Суксун.* От г. Кунгура до пос. Суксун по Сибирскому тракту 50 км. Есть автобусное сообщение. Здесь тракт пересекает Уфимское плато. Западный склон его, сложенный породами иренского горизонта, сильно закарстован. Поверхность плато ровная. У д. Моргуново и с. Сабарка начинается сухая долина р. Кишертки. Восточный склон плато крутой. С него открывается красивая панорама окрестностей пос. Суксун. Тракт делает крутой изгиб и спускается к с. Верх-Суксун. Здесь в устье суходола выходят источники, дающие начало р. Ключи (стр. 18), которая впадает в пруд. На берегу пруда у д. Киселево добывают сероводородные грязи для курорта Ключи.

Поселок Суксун раскинулся между основным бором и восточным берегом пруда. Из пруда берет начало р. Суксунчик, впадающая в р. Сылву. По берегу реки вытекают источники, в том числе из заброшенных скважин (стр. 25). С северо-запада в пруд впадает р. Советника. На северном склоне ее можно наблюдать многочисленные воронки, озера,



Рис. 53. Схема маршрута в окрестностях пос. Суксун.

обнажения мергелей, карстовых брекчий. У подножия склона вытекают восходящие и нисходящие карстовые источники (стр. 26). На правом южном склоне в пещерном лого обнажены известняки с небольшими карстовыми пещерами.

Из пос. Суксун можно сделать маршрут пешеходный или на лодках протяженностью около 8 км в одном направлении, до источника Плакун. Источник низвергается с уступа, сложенного известковыми туфами (рис. 53).

*Маршрут пос. Суксун – с. Б. Ключи.* Протяженность 15 км. Южнее пос. Суксун тракт спускается в долину р. Иргины. На

правом берегу реки выделяется конусообразная гора-риф, у подножия которой раскинулся курорт Ключи. Его называют Уральской Мацестой. Здесь раньше вытекали сероводородные источники. Сейчас лечебные воды вскрыты скважинами. В долине р. Иргины вытекают обильные источники, дающие начало речкам (стр. 18). Правый склон долины усеян воронками. В окрестностях с. Брехово есть и свежие провалы (стр. 77).

Очень живописна долина р. Иргины выше с. Брехово. Здесь в известняках встречаются небольшие пещеры. Пещера Белого камня имеет длину 10 метров.

## ЛИТЕРАТУРА

- Абрикосов И. Х. Нефтегазоносность Пермской области. М., Гостоптехиздат, 1963.
- Алекиу О. А. Ионный сток и средний состав речной воды для территории СССР. Труды ГГИ, вып. 33, 1951.
- Алекин О. А. Основы гидрохимии. Гидрометеиздат, 1953.
- Аминев А. М. Курорт Ключи. Изд. Пермского медицинского ин-та, 1935.
- Апродов В. А. Месторождения огнеупорных глин в Пермской области. Уч. зап. Пермского ун-та, т. VII, вып. 4, 1956.
- Балков В. А. Влияние карста на режим стока рек юго-восточной части Пермской области. Зап. Пермского отдела Геогр. об-ва СССР, вып. 1, 1959.
- Боброва В. Н. К химической географии карстовых озер междуречья Сылвы и Шаквы. География Пермской области, вып. 1, Пермь, 1962.
- Богословский Б. Б. Озероведение. Изд. Московского ун-та, 1960.
- Богословский В. Ф. Карстовые явления в окрестностях Пашийского завода. Исчезающие реки Пермской области. Уч. зап. Пермского пед. ин-та, вып. 13, 1954.
- Буданов Н. Д. Гидрогеология Урала. Изд. «Наука», М., 1964.
- Бутырина К. Г. Плотность карстовых воронок и некоторые другие особенности гипсового карста. Гидрогеология и карстоведение, вып. 2, Пермь, 1964.
- Валяшко М. Г. О некоторых общих закономерностях формирования химического состава природных вод. Гидрохимические материалы, т. XXII, 1954.
- Валяшко М. Г. Роль растворимости в формировании химического состава природных вод. ДАН СССР, т. XCIX, № 4, 1954.
- Варсанюфьева В. А. Карстовые явления в северной части Уфимского плоскогорья. Землеведение, т. 22, кн. 4, 1915.
- Варсанюфьева В. А. Месторождения каолиновых глин в Кунгурском, Красноуфимском и Соликамском уездах Пермской губернии. Л. Изд. АН СССР, 1927.
- Варсанюфьева В. А., Сошкина Е. Д. Отчет об исследовании огнеупорных глин в Пермской губернии. Рудный вестник, т. 2, № 2, 3–4, 1917.
- Владимиров Л. А. О влиянии карстовых вод на режим стока рек южного склона Главного Кавказского хребта в пределах Западной Грузии. Труды ин-та географии АН Грузинской ССР, т. VI, физ.-геогр. серия, 1955.
- Гаврилов А. М. О влиянии карста на сток малых рек. Изв. ВГО, т. 92, № 3, 1960.
- Гвоздецкий Н. А. Карст. Географгиз, 1954.
- Геннин В. И. Описание Уральских и Сибирских заводов 1735. Гос. изд. «История заводов», 1937.
- Герасимов Н. П. Карстовые брекчи северной части Уфимского плато. Тезисы докл. Пермской карстовой конференции, 1947.

- Герасимов Н. П., Тихвинская Е. И. Разрез классического кунгура. Зап. Всесоюз. Минералогического об-ва, ч. 63, № 2, 1934.
- Голубева Л. В. Химический состав вод некоторых карстовых озер Пермской области. Гидрохимические материалы, т. XXI, 1953.
- Горбунова К. А. Озера-старичи в Кишертском районе Пермской области. Уч. зап. Пермского ун-та, т. VII, в. 4, 1956.
- Горбунова К. А. Районирование карста Пермской области. Тезисы докл. на совещании по изучению карста, вып. 16, Москва, 1956.
- Горбунова К. А. Геоморфология окрестностей с. Усть-Кишерть Пермской области. Уч. зап. Пермского ун-та, т. XI, в. 2, 1957.
- Горбунова К. А. Формирование карстовых брекчий восточного крыла Уфимского вала в свете гидрогеологических данных. Геология и разведка, Изв. ВУЗ, № 10, 1960.
- Горбунова К. А. К вопросу формирования химического состава карстовых вод. Химическая география, в. 1, Пермь, 1961.
- Горбунова К. А. История изучения карстовых пещер Пермской области. Пещеры, вып. 1, Пермь, 1961.
- Горбунова К. А. Озера гипсового карста. Гидрогеология и карстование, вып. 1, Пермь, 1962.
- Горбунова К. А. Карстовые воды района селения Ключи. Гидрогеология и карстование, вып. 1, Пермь, 1962.
- Горбунова К. А. Эволюция гипсового карста. Науч. труды Пермского политехн. ин-та, сб. 12, вып. 1, геологические пауки, Пермь, 1962.
- Горбунова К. А. Влияние условий питания и стадий развития на химический состав карстовых озер. Химическая география и гидрогеохимия, вып. 2 (3), Пермь, 1963.
- Горбунова К. А. Опыт детальных гидрогеологических исследований карста на примере восточного крыла Уфимского вала. Методика изучения карста, вып. 6, гидрогеология карста, Пермь, 1963.
- Горбунова К. А. Карст и подземные воды района пос. Суксун. Науч. труды Пермского политехи, ин-та, сб. 12, вып. 2, геологические науки, Пермь, 1964.
- Горбунова К. А., Иконников Е. А. Особенности формирования грунтовых вод карстовых областей. Химическая география и гидрогеохимия, вып. 3 (4), Пермь, 1964.
- Грайфер Б. И., Романов П. И., Залкинд И. Э. Стратиграфия и литология кунгурского яруса Пермского Прикамья. В кн. «Стратиграфические схемы палеозойских отложений. Пермь». Гостоптехиздат, 1962.
- Ильина, Н., Капустин А. П. и др. Карстовые явления в районе города Дзержинска Горьковской области. Труды Лабор. гидрогеологических проблем, т. XXXII, М., 1960.
- Калесник С. В. Роль озер и болот в географической оболочке земли. Основы общего землеведения, гл. XIV, М., 1947.
- Коротаев Н. Я. Почвы Пермской области. Пермь, 1962.
- Котлов Ф. В. Изменение подземных вод территории Москвы под влиянием деятельности человека. Труды Лабор. гидрогеологических проблем, т. XXXVI, 1961.
- Кропачев А. М. К районированию микроэлементов в почвообразующих породах равнинной части Пермской области. Докл. 4-го Всеуральского совещания по географическому районированию, Пермь, 1958.
- Крубер А. А. Общее землеведение, ч. 2. М., Учпедгиз, 1937.
- Круглов М. В. Геологическая карта района Суксунского завода западного склона Среднего Урала. Труды Всесоюзн. геол.-развед. объединения, вып. 279, 1933.
- Лепехин И. И. Продолжение дневных записок путешествия по разным провинциям Российского государства в 1770 году. Пб, 1772.
- Лукин В. С. «Карстовая тектоника» Кунгурского района Пермской области. Вопросы геоморфологии и новейшей тектоники Волго-Уральской области и южного Урала. Уфа, 1960.

- Лукин В. С. Провальные явления на Урале и в Предуралье. Гидрогеологический сборник, № 3, Свердловск, 1964.
- Лушников Е. А., Жидкова Г. Г. Карты механического и химического стока рек Урала. Химическая география и гидрогеохимия, вып. 3 (4), Пермь, 1964.
- Максимович Г. А. Гидрогеология района Шумковского месторождения каменной соли. Уч. зап. Пермского ун-та, т. III, вып. 3, 1940.
- Максимович Г. А. Химическая география вод суши. М., Географ-гиз, 1955.
- Максимович Г. А. Озеро Кислое в Кишертском районе Пермской области и его происхождение. Уч. зап. Пермского ун-та, т. VII, вып. 4, 1956.
- М-аксимович Г. А. Районирование карста Урала и Приуралья. Докл. 4-го Всеуральского совещания по географическому районированию, Пермь, 1958.
- Максимович Г. А. Опыт геоморфологического районирования Пермской области. Зап. Пермского отдела Геогр. об-ва СССР, вып. 1, Пермь, 1960.
- Максимович Г. А. Химическая география и задачи пермских географов и геологов. Химическая география, вып. 1, Пермь, 1961.
- Максимович Г. А. Карст гипсов и ангидритов земного шара. Общие вопросы карстования. М., Изд. АН СССР, 1962.
- Максимович Г. А. Основы карстования, т. 1, Пермь, 1963.
- Максимович Г. А., Борисова Е. Н., Оборина М. Г. Влияние деятельности человека на химический состав грунтовых вод. Тезисы докл. конференции по химической географии вод, Пермь, 1949.
- Максимович Г. А., Голубева Л. В., Горбунова К. А. Карстовые провалы в с. Усть-Кишерть Пермской области. «Природа», № 4, 1950.
- Максимович Г. А., Горбунова К. А. Бугры-могильники в Пермской области. Изв. Всесоюз. Геогр. об-ва, т. 84, вып. 4, 1952.
- Максимович Г. А., Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958.
- Максимович Г. А., Горбунова К. А. Некоторые карстовые провалы Кишертско-Суксунского карстового района. Зап. Пермского отдела Геогр. об-ва СССР, вып. 1, Пермь, 1960.
- Максимович Г. А., Горбунова К. А. Подземные воды с. Усть-Кишерть и их загрязнение. Докл. V Всеуральского совещания по вопросам географии и охраны природы Урала. Пермь, 1960.
- Максимович Г. А., Горбунова К. А., Оскотский А. М. Гидрохимические фации и загрязнение подземных вод селения Березовка. Химическая география и гидрогеохимия, вып. 2 (3), Пермь, 1963.
- Максимович Г. А., Горбунова К. А., Яценко Р. В. Особенности химического состава грунтовых вод района селения Ключи. Химическая география и гидрогеохимия, вып. 2 (3), Пермь, 1963.
- Максимович Г. А., Чистяков Н. М. Лечебные грязи Суксунского района Пермской области. Уч. зап. Пермского ун-та, т. XI, вып. 2, Харьков, 1957.
- Максимович Г. А., Шимановский Л. А. Карстовые провалы у с. Брехово Суксунского района Пермской области. Уч. зап. Пермского ун-та, т. 10, вып. 2, 1956.
- Молитвин П. В. Методика гидрогеологических исследований в карстовых районах северного и южного Урала и Онего-Северодвинского водораздела. Специальные вопросы карстования. М., Изд. АН СССР, 1962.
- Наливкин В. Д. Стратиграфия и тектоника Уфимского плато и Юрезано-Сылвенской депрессии. Гостоптехиздат, 1949.
- Наливкин В. Д. Фации и геологическая история Уфимского плато и Юрезано-Сылвенской депрессии. Гостоптехиздат, 1950.

Петров В. П. Геолого-минералогические исследования уральских белых глин и некоторые выводы по минералогии и генезису глин вообще. Труды ин-та геологических наук, вып. 95, петрограф, серия, № 29. 1948.

Плюснин К. П. Карстовые явления в южной части Ординского района Пермской области. Тезисы докл. Пермской карстовой конференции, 1947.

Попов Н. С. Хозяйственное описание Пермской губернии, ч. 1, Пермь, 1804.

Преображенский А. А. Очерки колонизации Западного Урала в XVII – начале XVIII в. Изд. АН СССР, 1956.

Родионов Н. в. Некоторые данные о скорости развития карста в карбонатных породах. Труды Лабор. гидрогеологических проблем, т. VI, 1949.

Родионов Н. в. Инженерно-геологические исследования в карстовых районах. М., Гостеолтехиздат, 1958.

Россия. Полное географическое описание нашего отечества под редакцией В. П. Семенова-Тянь-Шанского, т. 5, Урал и Приуралье, Пб, 1914.

Рымыков Д. В. Природа карста и основные закономерности его развития.

Тр. горногеол. ин-та. УФАН СССР, вып. 21, 1954.

Силин-Бекчуринов А. И. Формирование подземных вод северо-востока Русской платформы и западного склона Урала. Труды Лабор. гидрогеологических проблем, т. IV, 1949.

Скворцов Г. Г. О скорости развития карста в гипсах. Вопросы изучения подземных вод и инженерно-геологических процессов, Изд. АН СССР, 1955.

Соколов Д. С. Основные условия развития карста. М., Гостеолтехиздат, 1962.

Софроницкий П. А., Золотова В. П. Нижний горизонт кунгурского яруса пермского Прикамья. Уч. зап. Пермского ун-та, т. XI, вып. 2, 1957.

Софроницкий П. А., Шершнев К. С. Тектоника пермского Прикамья в свете новых данных. Геологическое строение и нефтегазонасыщенность Волго-Уральской области и сопредельных районов. М., Гостеолтехиздат, 1963.

Тauson А. О. Биология карстовых озер Кишертского района Пермской области и изменение их населения в зависимости от химического состава. Уч. зап. Пермского ун-та, т. VIII, вып. 4, 1954.

Толстихина М. М. Подземные воды и карстовые процессы центральной части Уфимского плато. Изв. ВГРО, т. 51, вып. 92, 1932.

Толстихина М. М. Кузино – Пермь. Путеводитель Пермской экскурсии (северный маршрут)–Международный XVII Геологический конгресс, 1937.

Турышев А. В. О формировании депрессий вдоль склонов Уфимского плато. Вопросы геоморфологии и новейшей тектоники Волго-Уральской области и южного Урала, Уфа, 1960.

Турышев А. В. К вопросу изучения интенсивности развития карста гидрохимическим методом. Гидрогеологический сб. № 2, УФАН СССР, Свердловск, 1962.

Чикишев А. Г. Карст Среднего Урала и его народнохозяйственное значение. В кн. «Карст и его народнохозяйственное значение». М., Изд. «Наука», 1964.

Ш имановский Л. А. Подземные воды сельскохозяйственных районов юго-востока Пермской области и возможности их использования. Пермь, 1958.

Ш имановский Л. А. Районирование подземных вод Уфимского плато и Юрезано-Сылвенской депрессии. Докл. 4-го Всеуральского совещания по геогр. районированию, Пермь, 1958.

Шимановский Л. А. Водопад Плакун. Природа, № 11, 1958.

Ш имановский Л. А. Тектоническая трещиноватость Уфимского

плато и ее роль в формировании рельефа. Материалы 6-го Всеуральского совещания по вопросам географии и охраны природы, Уфа, 1961.

Шимановский Л. А. Изучение карста при мелкомасштабных гидрогеологических съемках на примере Уфимского плато и прилегающей территории. Методика изучения карста, вып. 6, гидрогеология карста, Пермь. 1963.

Шимановская И. А. и Шимановский Л. А. Гидрогеологические условия и источники водоснабжения сельскохозяйственных районов: Пермской области в пределах северной части Уфимского плоскогорья. Вопросы водоснабжения сельского хозяйства в районах Урала и Зауралья. Госгеолтехиздат, 1956.

Шкляев А. С., Балков В. А. Климат Пермской области. Пермь., 1963.

Штукенберг А. А. Общая геологическая карта Европейской России, лист 127.

Труды Геол. комитета, т. 16, вып. 1, 1898.

Ященко Р. В. Гидрохимические фации озер карбонатно-гипсового карста.

Химическая география и гидрогеохимия, вып. 2 (3), Пермь, 1963.

Gorbunova K. A. Morfologie krasu v sadrovcich Priurali. Mezinarodni speleologicka konference, Brno. 1964.

Kunsky J. Jezera Slovenskeho krasu. Rozpravy C. akad., 49, N 25,, Praha, 1939.

Kunsky J. Kras a jeskyne. Praha, 1950.

СОДЕРЖАНИЕ	
Общие сведения о районе	5
Геологические условия района	9
Карстовые воды	17
Карстовые озера	34
Влияние карста на речную сеть	57
Карстовый рельеф	68
Влияние карста на химический состав грунтовых вод	87
Влияние карста на химический состав вод озер-старич	103
Заключение	101
Описание экскурсий	111
Литература	115

*Горбунова Клара Андреевна*

## ОСОБЕННОСТИ ГИПСОВОГО КАРСТА

Путеводитель по Кишертско-Суксунскому  
карстовому району

Редактор издательства *С. В. Грицких*

Художественный редактор *В. В. Вагин*

Технический редактор *Г. В. Пайдушева*

Корректоры *Н. Д. Аборкина, И. Л. Пархомовская*

Подписано к печати 16/VI 1965 г.

Формат бум. 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 3,75 б. л. 7,5 п. л. 6,912 уч.-изд. л.

ЛБ08542. Тираж 1500 экз. Цена 48 коп. Зак. 924.

2-я книжная типография управления по печати  
г. Пермь, ул. Коммунистическая, 57.