

556.3

Г46

**ГИДРОГЕОЛОГИЯ  
И  
КАРСТОВЕДЕНИЕ**

**ПЕРМЬ**

OF HIGH AND SECONDARY  
SPECIAL EDUCATION OF THE RSFSR  
THE USSR GEOGRAPHICAL SOCIETY  
KARSTOLOGY AND SPELEOLOGY INSTITUTE  
PERM STATE NAMED AFTER A. M. GORKY UNIVERSITY

# Hydrogeology and karstology

PERM 1981

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР  
ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО СОЮЗА ССР  
ВСЕСОЮЗНЫЙ ИНСТИТУТ КАРСТОВЕДЕНИЯ И СПЕЛЕОЛОГИИ  
ПЕРМСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А. М. ГОРЬКОГО

# ГИДРОГЕОЛОГИЯ И КАРСТО ВЕДЕНИЕ

*Межвузовский сборник научных трудов*

ПЕРМЬ 1981

**Гидрогеология и карстоведение.** Межвузовский сборник научных трудов. Пермский университет, 1981, с. 164.

В сборнике рассматриваются актуальные вопросы морфологии и генезиса карста, классификации карстующихся пород и динамики карстового процесса, размещения полезных ископаемых, связанных с карстом, формулируются основные задачи инженерного карстоведения. Значительное внимание уделено вопросам возраста подземных вод, характеристике и формированию химического и газового состава вод, охране водных ресурсов при проведении геологоразведочных работ, а также вопросам рационального использования их в целях водоснабжения.

Решаются проблемы развития теории карстового процесса и формирования водных ресурсов, определяется новое направление карстоведения и охраны вод, а также прикладные задачи инженерной геологии, гидрогеологии и поисков полезных ископаемых, связанных с карстом.

Сборник представляет интерес для широкого круга специалистов – геологов, гидрогеологов, географов, проектировщиков и т. д.

Рецензент: кафедра геологии Пермского политехнического института

Печатается по постановлению редакционно-издательского совета Пермского университета

Редакционная коллегия:

*И. А. Печеркин* (Пермский ун-т) – главный редактор, *Л. А. Шимановский* (Пермский ун-т) – зам. гл. редактора, *Р. В. Яценко* (Пермский ун-т) – секретарь, *В. Н. Быков* (КО ВНИГНИ), *Г. В. Короткевич* (Ленинградский ун-т), *Е. А. Л ушников* (Курский политехнический ин-т), *А. В. Шурубор* (Пермский ун-т)

©Пермский университет, 1981

Редактор *Н. В. Петрова*  
Технический редактор *Л. Г. Подорова*  
Корректор *В. И. Щербинина*

Сдано в набор 01.09.81. Подписано в печать 25.12.81. ЛБ06430. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 10,25. Уч.-изд. л. 10. Тираж 1000 экз. Заказ 714. Цена 1 р. 20 к.

Темплан 1981, поз. 170

Редакционно-издательский отдел Пермского университета. 614600. Пермь, ул. Букирева, 15 Книжная типография № 2 Управления издательств, полиграфии и книжной торговли. 614001. Пермь, ул. Коммунистическая, 57

УДК 624.131

И. А. ПЕЧЕРКИН

Пермский университет

## **ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНОГО КАРСТОВЕДЕНИЯ**

Карстовые процессы и явления давно привлекали внимание ученых. И это естественно, так как почти одна треть площади континентов (на поверхности или глубине) содержит растворимые породы [6]. Первые систематические описания карстовых форм в России относятся к периоду академических экспедиций. При географических, геоморфологических и геологических исследованиях ученые обычно ограничивались общими описаниями карстового процесса и явлений, отмечали закономерности распределения карстовых форм и приуроченность их к литологическим комплексам пород, их контактам, элементам рельефа и тектоническим структурам. Другими словами, фиксировались факты, которые могли быть получены без специальных исследований. Строительство городов, заводов, шахт и карьеров, крупных гидротехнических сооружений (плотины, каналы, водохранилища), железных и автомобильных дорог, нефте- и газопроводов, линий электропередач, мостов обусловило необходимость оценивать закарстованные отложения как основания для этих сооружений или как среду, в которой они возводятся. Поэтому при решении инженерно-геологических задач начали широко применять физико-математический метод анализа, изучая механику горных пород в натуре и лабораторных экспериментах.

Впервые итоги изучения карста в СССР были подведены на карстовой конференции, состоявшейся в 1933 г. (г. Кизел). Основные вопросы конференции – строительство и эксплуатация угольных шахт в условиях закарстованных отложений и повышенных притоков подземных вод. С этого времени широко начинают применяться стационарные и экспериментальные методы исследования. Организуются специальные карстовые станции, которые накапливают материал по геоморфоло-

гии и гидрогеологии, ведутся исследования пещер. Как справедливо отмечал И. В. Попов [10], карстологические исследования развиваются в направлении раскрытия историко-генетических связей между наблюдаемыми карстовыми явлениями и процессами.

Целенаправленные исследования карста позволили получить большой фактический материал, который был обобщен, проанализирован в докладах и дискуссиях на второй Всесоюзной карстовой конференции, проходившей в 1947 г., организованной Пермским государственным университетом и естественнаучным институтом. На этой конференции было принято решение о необходимости выделения особой отрасли знания – карстоведения.

В 1956 г. в Москве Академия наук СССР (Лаборатория гидрогеологических проблем), Географическое общество СССР, Министерство геологии и охраны недр СССР, Московский и Пермский университеты проводят третье междуведомственное Всесоюзное совещание, на котором большое внимание уделяется вопросам прикладного карстоведения. Рассматриваются проблемы гидрогеологии и гидрологии карста, регионального карстоведения, задачи инженерно-геологического изучения карста. Согласно решению совещания Президиум АН СССР создал междуведомственную комиссию по изучению геологии и географии карста, которая впоследствии была реорганизована в карстовую секцию Научного совета по инженерной геологии и грунтоведению Отделения наук о Земле АН СССР. В 1972 г. секция была преобразована в карстовую комиссию, а в 1978 г. – в комиссию по карсту и спелеологии.

В 1964 г. Пермский университет созывает четвертое Всесоюзное совещание по методике изучения карста. Накопленный опыт обобщен в 9 специально изданных сборниках. Необходимость проведения совещания была вызвана тем, что методики изучения карста далеко не всегда унифицированы, поэтому трудно сопоставлять результаты, полученные различными исследователями. Кроме этого, за прошедшие годы появились более совершенные методы исследования, популяризация которых была еще явно не достаточна.

В 1977 г. карстовой комиссией АП СССР, Красноярским НТО «Горное», Пермским университетом проводится пятое Всесоюзное совещание по карстовым районам БАМ и другим вопросам карстоведения. В 1979 г. в Ташкенте состоялось шестое Всесоюзное совещание «Карст Средней Азии и горных стран». Организаторами его вновь являются карстовая комиссия АН СССР, ГИДРОИНГЕО, Пермский университет.

В СССР проведено уже два всесоюзных совещания, посвященных карстово-спелеологическим исследованиям. Первое состоялось в Ленинграде в 1975 г., а второе – в Сухуми в 1978 г. Основной акцент делался на исследовании карстовых пещер в целях использования их в качестве экскурсионных объектов. Кроме общенаучных докладов здесь были представлены доклады по методике исследования сложных пещерных систем. Много докладов было посвящено технике спелеологических исследований, технике преодоления препятствий под землей, вопросам организации подземных спортивных исследований. Рассматривались вопросы практического использования пещер в лечебных, туристско-экскурсионных и других целях.

Кроме всесоюзных совещаний проводились ведомственные и региональные. Так, в 1955 г. Гидропроектом им. С. Я. Жука проведено совещание по вопросам выщелачивания пород при гидротехническом строительстве. В этом же году проблеме карста посвятила свое совещание географическая секция Московского общества испытателей природы.

Карстовая комиссия совместно с секцией МОИП в 1958 г. провела региональное совещание по карстоведению и спелеологии, в 1962 г. по прикладному карстоведению, в 1966, 1967 гг. по карсту Русской равнины. Были подведены итоги развития советского карстоведения за 50 лет [2]. В 1965 г. в Горьком проведено совещание по теме «Проектирование, строительство и эксплуатация земляного полотна в карстовых районах». Вопросам карста Башкирии три совещания посвятил Башкирский филиал Географического общества СССР. Они проходили в Уфе в 1972, 1976, 1980 гг. В 1972 г. вопросам инженерного карстоведения было посвящено совещание в Кунгуре (Пермская область), проведенное на базе Уральского научного центра АН СССР. Приморский филиал географического общества СССР в 1978, 1981 гг. в пос. Дальнегорске провел научно-практические конференции «Карст и пещеры Приморского края». Одно из наиболее крупных совещаний-семинаров было организовано в г. Дзержинске в 1978 г. производственным и научно-исследовательским институтом по инженерным изысканиям в строительстве Госстроя СССР (это было второе совещание, первое состоялось в 1967 г.).

Значительную роль в координации карстово-спелеологических исследований на территории СССР играет Всесоюзный институт карстоведения и спелеологии, организованный при Пермском университете в 1967 г. под эгидой Географического общества СССР. На ежегодных научных отчетных конференциях подводятся итоги исследований; проводятся совещания по определенной тематике: в 1967 г. рассматривались карсто-

вые озера Урала и Приуралья; 1968 – карст Урала и Приуралья; 1968 – полезные ископаемые карстовых впадин и полостей; 1970 – применение количественных методов в карстоведении и спелеологии; 1971 – загрязнение подземных вод и борьба с ним; 1972 – научное и практическое значение пещер; 1973 – карстовые коллекторы нефти и газа; 1974 – воды и полезные ископаемые карстовых впадин и полостей; 1975 карст гипса соли и редкие типы карста; 1976 – пещеры и их практическое использование; 1977–1978 – карст мраморов, доломитов, рифов, известковых туфов и галогенных отложений (Максимович, Минькевич, 1977); 1979 – использование пещер, моделирование формирования суффозионных и карстовых форм; 1980 – карст Нечерноземья.

Проведенные совещания и конференции показывают, что борьба с карстом становится насущной проблемой в различных сферах деятельности человека. Перед геологами, а главным образом перед инженер-геологами встают новые сложные и разнообразные задачи. Деятельность человека активизирует карстовый и карстово-суффозионный процесс, что особенно ярко проявляется при строительстве крупных гидротехнических сооружений.

Инженер-геолога уже явно не удовлетворяют позиции общего карстоведения. Встают задачи изучения карстовых процессов и явлений количественными методами, и, самое главное, возникает острая необходимость прогноза процесса при воздействии тех или иных инженерных сооружений. Таким образом, четче определяются задачи инженерного карстоведения, речь о котором шла еще в 1947 г. на карстовой конференции, проходившей в Перми. Известно, что в различных литологических разностях процесс протекает с различной интенсивностью и имеет особенности. В самом общем случае можно отметить, что в карбонатных породах скорость изменения карстовых форм невелика, процесс течет геологически длительное время, поэтому оценка размеров пустот может происходить с позиций статистики, но осложнение инженерногеологических условий наблюдается при суффозионном выносе заполнителя. При наличии отложений мела [10] под действием воды происходит сравнительно легкая диспергация породы, и вода, циркулирующая по трещинам в зоне выветривания, обуславливает суффозионный вынос, что ускоряет процесс разрушения. Наиболее часто суффозионные процессы наблюдаются в зоне влияния водохранилищ, где разница напора между верхним и нижним бьефом, большая амплитуда колебания уровня на самом водохранилище обуславливают фильтрацию подземных вод с большими градиентами напора.



В исследовании развития сульфатов и других солей существенное место должны занимать вопросы оценки динамики развития карстовых форм, скорости увеличения их размеров до критических в течение срока службы того или иного инженерного сооружения.

В настоящее время (с какой-то долей приближения) расчетными методами мы можем оценивать интенсивность химической денудации, скорость растворения горных пород и вынос их из массива. Это дает возможность говорить об увеличении размеров подземных пустот и устойчивости их сводов. При изучении суффозии вынос заполнителя из карстовых трещин и пустот оценивается чисто качественно. Часто даже незначительное нарушение природного равновесия вызывает интенсивное течение процесса. Например, вскрытие горизонтальной штольной закарстованных пород выше уровня подземных вод в период разведки обусловило активную суффозию.

Следовательно, карст нельзя рассматривать как природный феномен, усложняющий инженерно-геологическую обстановку. Он является современным экзогенным геологическим процессом, который быстро и чутко реагирует на вмешательство человека, меняющего природные условия, в которых он развивается.

Изложенное позволяет сформулировать круг вопросов и основных задач инженерного карстоведения. Инженерное карстоведение – это ветвь инженерно-геологической науки, изучающая инженерно-хозяйственную деятельность человека в области развития растворимых пород. В своих исследованиях инженерное карстоведение применяет количественные методы в сочетании с теоретическим анализом, лабораторным и натуральным экспериментом. Заключительный этап работ – прогноз карстового (карстово-суффозионного) процесса, расчет устойчивости территорий с учетом влияния деятельности человека и выработка рекомендаций по управлению процессом.

При исследовании распространения растворимых пород инженерное карстоведение решает ряд частных задач, определяемых характером возводимого объекта и стадией разведки. В логической последовательности задачи должны быть поставлены в следующей очередности.

1. Изучение морфологии, закономерностей пространственного распространения карстовых форм, их взаимной связи, последовательности развития. На этой стадии получаем представление о характере закарстованности территорий. Детальность работ определяется поставленными задачами. В наибо-

лее простом случае проводится рекогносцировочное обследование – карстологическая съемка. В более сложном – бурение скважин – выясняется распределение карстовых полостей в массиве пород. Этому этапу работ очень часто не уделяют должного внимания или относятся к нему чисто формально, а именно на этом этапе геолог получает возможность представить в качественном виде размеры, закономерности распределения подземных и поверхностных форм.

Путем логического мышления, натурального эксперимента с красителями или геофизическими методами удастся установить взаимосвязь поверхностных и подземных карстовых форм, пути движения, направление и скорость подземных потоков. При исследованиях под ответственные инженерные сооружения необходимо получить как можно больше фактического материала для последующей статистической обработки. Определенный интерес представляют материалы обследования пещер, поскольку они позволяют получить объемное представление о форме, размерах, характере расположения и пространственной ориентировке карстовых пустот. Если таковых данных недостаточно, то целесообразно горными выработками вскрыть уже подсеченные скважинами крупные карстовые пустоты. Иногда такие пустоты дают начало системе пещерных гротов.

Большое внимание следует уделять гидрогеологии карста и особенно распределению в массиве концентрированных карстовых потоков. Зафиксировано, что очень часто к крупным пещерным системам приурочены подземные потоки с дебитом в десятки и сотни литров в секунду. В последние годы стали применять обратное решение задачи, т. е. по крупным источникам находить пещерные системы значительной протяженности. В 1960 г. подобные взгляды высказывал венгерский карстовед Л. Мауха [7] при изучении дополнительных проходов и гротов в пещере Ваш Имре. Американский карстовед Д. Ф. Куинлан (J. F. Quinlan) в 1975 г. таким путем в штате Кентукки открыл пещерную систему протяженностью более 23 км. Конечно, кроме общих гидрогеологических исследований, необходимо проводить тщательное гидрохимическое опробование подземных и поверхностных вод и его интерпретацию.

2. Количественная характеристика морфологических показателей генетических типов карстовых форм и обработка материалов на основе методов математической статистики с целью выяснения внутренней взаимосвязи, площадного распространения и районирования. Решение вопросов, связанных с постановкой задачи, зависит от количества и достовер-

ности материалов, полученных в период полевых изысканий. Исследователь должен стремиться к выражению своих результатов в виде эмпирических зависимостей и обобщенных цифровых характеристик, так как словесная характеристика часто отражает первое субъективное восприятие процесса и формы его проявления. Но необходимо помнить, что эмпирические формулы выводятся для конкретных условий и применение их для других районов сопряжено со значительными трудностями.

Инженерно-геологические исследования основываются на строгих теоретических разработках относительно форм проявления карстового процесса и на теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород и массивов во времени и пространстве. Последнее возможно лишь при широком использовании математического аппарата. Горная порода должна рассматриваться как естественная динамическая система, находящаяся в подвижном равновесии с окружающей средой [1]. Идеальное решение вопроса – создание математической модели процесса, отражающей многообразие его проявления в конкретных геологических условиях. На современном этапе построение такой модели затруднено, поэтому, не отвергая работы над моделью, необходимо в конкретных математических зависимостях попытаться представить внутреннюю взаимосвязь карстовых форм и динамику процесса во времени. Если полученные характеристики и не будут отражать «абсолютной истины», то они позволят сопоставить инженерно-геологические условия различных участков, определить их сложность.

3. Изучение растворимости пород в природных условиях с учетом гидрогеологической обстановки и водопроницаемости, а также экспериментальными методами в лабораториях путем физико-химического анализа для установления скорости и направления (активизации, затухания) развития карстового процесса.

Выявление основных закономерностей развития карста невозможно без гидрогеохимических исследований системы вода – горная порода. Вопрос о растворимости горных пород достаточно сложный, и применительно к карстовому процессу он рассмотрен в большей мере теоретически. Многие исследователи, проводя теоретические расчеты карстовой денудации, ставя опыты в лабораторных условиях, еще полагают, что для усложнения инженерно-геологической обстановки требуется геологически длительное время. Поэтому материалы разведки оценивают с позиций статики, а не динамики. Если это в какой-то мере характерно для кар-

бонатного карста, то, как показала практика, карст в гипсах развивается катастрофически быстро (особенно при вмешательстве человека) .

Среди исследований советских ученых наиболее фундаментальные в этой области принадлежат Ф. Ф. Лаптеву [4], Т. П. Поповой [11], Д. С. Соколову [13], А. Е. Орадовской [8], В. П. Звереву [3] и др. Интересные исследования проведены Д. Трейлкиллом [14]. В настоящее время установлено, что в одном и том же массиве физико-химическая обстановка меняется значительно. Важную роль в этом играет характер потока подземных вод (турбулентный, ламинарный), его скорость, режим, насыщенность газами, растворенными компонентами и т. д. Массив породы неоднороден по своему литологическому составу и геологическим условиям. Движущаяся вода на одних участках испытывает дефицит насыщения, в других же она перенасыщена растворенным веществом, в результате чего происходит цементация пор, каверн и формирование натечных образований. Задача исследователя – изучение общей активности процесса, установление распределения в пространстве и во времени дефицита насыщения подземных вод и прогноз их агрессивности по отношению к породе при возведении различных промышленных и гражданских сооружений. Растворимость горных пород возрастает при сбросе промстоков в недра Земли или при их фильтрации в глубокие горизонты.

На основе результатов теоретических исследований, лабораторных и натуральных экспериментов по проблеме растворимости должны быть даны конкретные рекомендации и расчеты, применяемые в инженерно-геологических исследованиях карста. В связи с этим необходимо составить инструкцию по гидрогеохимическим исследованиям при инженерных изысканиях, перечень обязательных работ и определить методику опробования.

4. Заключительная стадия – изучение прочностных характеристик карстующихся пород, математический расчет устойчивости территории при сельскохозяйственном освоении, строительстве гидротехнических, промышленных или гражданских сооружений и управление карстовым процессом.

Решение поставленных задач требует большого количества фактического материала, на основании которого можно установить характер полостей и распределение их в пространстве, интенсивность течения процесса, его прогноз и, наконец, произвести районирование исследуемой территории по степени устойчивости. З. А. Макеев [5] и Г. А. Максимович [6] устойчивость территории классифицировали по ко-

личеству карстовых воронок, возникающих за год на площади в 1 км<sup>2</sup>. Этот же принцип положен в основу других рекомендаций по инженерно-геологическим изысканиям. Следует при этом заметить, что при районировании должно учитываться геологическое, гидрогеологическое и геоморфологическое строение района, уточненное материалами бурения, геофизических и гидрохимических исследований. Районирование должно соответствовать целям и характеру возводимых сооружений и рассматриваться как начальный этап прогноза инженерно-геологических условий. Хорошо обоснованное районирование обеспечивает успех прогноза. В последующем для конкретных участков строительства целесообразно проводить математический расчет устойчивости. У крупных карстовых полостей на основе теории горного давления должна оцениваться несущая способность сводов. В сульфатных породах, особенно в областях с активным карстом, пролет свода постоянно увеличивается, таким образом, устойчивость его стечением времени снижается. Расчет в подобных ситуациях надо проводить с учетом разрушающей способности подземных иод [9].

При обработке материала с использованием эмпирических формул, методов математической статистики не нужно забывать о геологической сущности карстового процесса и природной обстановке, которые отражаются на формировании состава, строении и свойствах породы. Этим обуславливается неоднородность горных пород, которая в свою очередь влияет на точность полевых исследований, экспериментов и, следовательно, на результаты расчетов. В таких условиях формула – лишь инструмент формальной логики, а поэтому и расчетные параметры, и результаты должны быть наполнены инженерно-геологическим смыслом.

Таким образом, прогноз устойчивости территории – это сложная задача, решаемая в несколько этапов, последний из которых – расчет. Он придает описательной части конкретность, позволяет получить однозначные ответы на поставленные вопросы.

Итак, исследования в области инженерного карстоведения основаны на историко-геологическом анализе изучаемой территории с учетом специфики литогенеза и растворимости карстующихся пород, на тесном контакте со многими геологическими дисциплинами и в первую очередь с гидрогеологией, гидрохимией, геоморфологией. Такой прогноз позволяет не только определить конкретные практические задачи, но и решить их с учетом взаимного влияния природной среды и возводимого сооружения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарик Г. К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород. М., 1971.
2. Гвоздецкий Н. А., Чикишев А. Г. Основные этапы развития советского карстоведения. Советские исследования карста за 50 лет. М., 1967.
3. Зверев В. П. Гидродинамические исследования системы гипсы – подземные воды. М., Наука, 1967.
4. Лаптев Ф. Ф. Агрессивное действие воды на карбонатные породы, гипсы и бетон. Тр. СПЕЦГЕО, вып. 1. М., 1939.
5. Макеев З. А. Принципы инженерно-геологического районирования карстовых областей. – В кн.: Карстоведение, вып. 4. Пермск. ун-т, 1948.
6. Максимович Г. А. Основы карстоведения. Пермь, 1963.
7. Maucha L. Das Nachweisen von Hohlen systemen. Karst es Barlangkutaas. Budapest, 1960.
8. Орадovская А. Е. Определение растворяющей способности фильтрационного потока в типсоноенных породах по данным натурных наблюдений. – Тр. Лаборатории инженерной геологии, сб. 4. М., ВОДГЕО, 1962.
9. Печеркин И. А. Геодинамика побережий камских водохранилищ, часть II. Геологические процессы. Пермский ун-т, 1969.
10. Попов И. В. Изучение карста в связи с инженерными исследованиями. Советские исследования карста за 50 лет. М., 1967.
11. Попова Т. П. О расчете растворимости гипса в природных водах. – Разведка недр, 1951, № 6.
12. Родионов Н. В. Инженерно-технические исследования в карстовых районах. М., Госгеолтехиздат, 1958.
13. Соколов Д. С. Основные условия развития карста. М., 1962.
14. Thraikill J. Chemical and Hydrologic Factors in the Excavation of Limestone Caves. Geological Society of America. Bulletin 79. 1968.

УДК 551.442

А. АЛИМОВ ТИИИМСХ,

Г. А. МАКСИМОВИЧ, К. А. ГОРБУНОВА

Пермский университет

### **КАРБОНАТНЫЙ КАРСТ ЦЕНТРАЛЬНО-КЫЗЫЛКУМСКОГО И НУРАТИНСКОГО РАЙОНОВ**

Изучение карбонатного карста Центрально-Кызылкумского и Нуратинского районов обусловлено развитием хозяйственной деятельности. Одна из главных проблем этого района – водоснабжение. Подземные воды закарстованных пород палеозоя используются для питьевого водоснабжения.

Важная проблема – искусственное пополнение запасов трещинно-карстовых вод. Коэффициент фильтрации в закарстованных породах достигает 120 м/сут [22]. На Койташском карстовом участке, а также в районе Сыпки в закарстован-

ных породах магазинированием зарегулировано и используется для водоснабжения около 6 млн. м<sup>3</sup> воды в год [15].

Карст изучается и в связи с поисками, разведкой и эксплуатацией месторождений боксита, марганца и карбонатного сырья. Кроме того, многие пещеры являются местом накопления гуано птиц и животных, которое может служить местным удобрением.

При разработке месторождений полезных ископаемых карстовые полости в карбонатных породах могут быть причиной аварий и поломок бурового инструмента. В 1963 г. при бурении на территории колодца Таскудук случился провал и поломка бурового инструмента. В 1974 г. на Пашат-Дебалинском участке (подрайон Южный Нуратау) из-за наличия карстовых полостей ликвидирована скважина, а на месторождениях Учкулач и Лянгар пришлось установить насосы для откачки воды из шахт.

Карстующиеся породы представлены известняками, мраморизованными известняками, доломитизированными известняками, доломитами и мраморами силура, девона и карбона [5, 19]. Общая мощность этих пород варьирует от 450 до 2500 м. Породы относительно чистые. Содержание нерастворимых примесей от 0,77 до 6,30 %. Карст наблюдается в зоне герцинских структур, возрожденных в альпийское время. Наибольшее количество карстовых форм тяготеет к территории Южно-Нуратинского хребта. Карст развит вдоль тектонических разломов с интенсивной трещиноватостью. Большая часть пещер формируется на пересечении трещин и имеет коленчатый вид. Территория характеризуется активным проявлением новейшей тектоники [6, 7]. Новейшая тектоника способствует раскрытию трещин и развитию карста. Новейшие тектонические нарушения прослеживаются в пещерах Майдан, Ободхон, Шохтау, Садрингуль 2 и др. Здесь широко развиты также трещины выветривания.

В развитии карста велика роль рельефа, отражающего в значительной мере новейшие и современные тектонические движения. Вследствие сильной расчлененности палеозойских поднятий карстующиеся карбонатные породы находятся в зоне активного карстообразования. Наличие выровненных поверхностей благоприятствует инфильтрации дождевых и талых вод в породы.

Климат – важный фактор карстообразования. Относительно высокие зимние температуры, распределение осадков по сезонам года, низкие температуры талых снеговых и дождевых вод – все это весьма положительно влияет на карстообразование.

Горы также играют большую роль в формировании микроклимата. Так, в предгорной части Нурагинских гор (мет. ст. Нурата) количество осадков составляет 251 мм в год, а в горной части (Сев. Нуратау) – более 400 мм в год (мет. ст. Фариш). Подземные формы карста приурочены к определенным абсолютным отметкам. В пределах Кульджуктау пещеры имеют абсолютные отметки 340–720 м, Аристантау-Сангрунтау – 390–550 м, Тамдытау – 410–900 м, Букантау – 400–700 м, в Южно-Нурагинских горах – 700–1800 м, в Северо-Нурагинских горах – 600–1300 м. Микроклиматические особенности пещер способствуют конденсации паров и накоплению агрессивной воды в карстующихся массивах.

Исследуемый регион относится к карстовой стране палеозойской складчатости Сибири и Средней Азии [8,9], к провинции палеозойских складчатых структур [2], к Южно-Тяньшаньской карстовой области [13, 14]. Здесь выделены два карстовых района [1], семь карстовых подрайонов, 22 карстовых участка, 12 трещинно-карстовых зон, 20 карстовых полей (рис.1, табл.1)

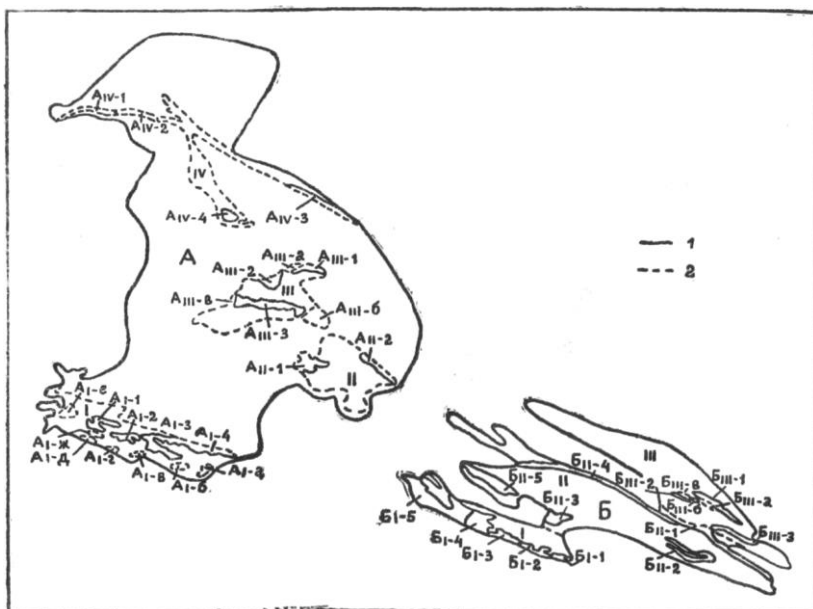


Рис. 1. Схема районирования карста Центрально-Кызылкумского и Нурагинского районов (А. Алимов, 1975 г.): 1 – границы карстовых районов и участков; 2 – границы карстовых подрайонов и зон



## *Район Центральных Кызылкумов*

Площадь района около 26 тыс. км<sup>2</sup>, из них 926 км<sup>2</sup> – обнаженные и 3850 км<sup>2</sup> – погребенные карстующиеся породы. Здесь выделены Кульджуктауский, Сангрунтауский, Тамдытауский и Букантауский карстовые подрайоны.

Кульджуктауский подрайон. Охватывает Кульджуктауский горный массив (наивысшая точка – 785,5 м) и прилегающую территорию. Это узкая горная гряда (шириной 3–4 км), вытянутая более чем на 75 км в северо-западном направлении. Кульджуктау – брахиантиклинальная складка. Северное крыло ее осложнено разломом, по которому палеозойские известняки несколько надвинуты на меловые отложения [4]. Южное крыло широкое и пологое с небольшим поднятием Кынгыртау, в котором также обнажены палеозойские отложения. Вместе с Кынгыртау Кульджуктау образует сложное поднятие, раздвоенное и кругое на востоке и более пологое на западе.

Подрайон сложен осадочными, метаморфическими и изверженными породами палеозоя и мезокайнозоя. Карстующиеся породы представлены силурийскими и девонскими известняками, доломитами, местами метаморфизованными. Мощность 400–1000 м [19]. Здесь широко развиты карры, каверны, закарстованные трещины, ниши и пещеры. Обнаружено 57 ниш и пещер длиной от 1,1 до 11 м. Из 57 карстовых полостей общей длиной 277 м 52,6 % составляют ниши длиной 1–5 м, 26,4 % – мешкообразные пещеры, реже встречаются щелевидные и этажные полости. Щелевидные полости в ширину достигают 1,1 м, в высоту – 2,3 м при максимальной глубине 7 м. Некоторые ниши сужаются и переходят в щели. Обнаружены двухэтажные полости общей длиной до 11 м, 15 мешкообразных пещер длиной до 7 м, 2 сквозные – длиной до 8 м. В нишах и пещерах установлены остаточные (мощностью 5–10 см), обвальные, водные хемогенные, органогенные и антропогенные отложения.

В подрайоне Кульджуктауских поднятий выделены 4 карстовых участка (рис. 1).

На равнинных территориях, прилегающих к южной и юго-западной частям Кульджуктауского поднятия, под мезокайнозойскими образованиями в карбонатных отложениях геофизическими методами и бурением выявлены семь трещиннокарстовых зон, отличающихся повышенной закарстованностью, трещиноватостью и водообильностью.

Аристантау-Сангрунтауский подрайон. Расположен в юго-восточной части Центральных Кызылкумов,

Таблица 1

## Характеристика карстовых участков и зон Центрально-Кызылкумского и Нуратинского районов (А. Алимов, 1975 г.)

Район	Подрайон	Участок, зона	Площадь, км <sup>2</sup>	Возраст карст. пород	Тектоника	Рельеф	Атмосферные осадки	Карры	Воронки	Закарстов. трещины	Пещеры	Рудоносный карст	Глубинный карст	Состав карстовых вод						
														источников	скважин					
А – Центрально-Кызылкумский	I. Кульджуктауский	1. Бельтауский	68	S <sub>2</sub> , D <sub>1-2</sub>	Кульджуктауское поднятие	104	+	-	-	6	+	+		-	-					
		2. Дженгельдинский	35	D <sub>1-2</sub>												14	+	-	-	
		3. Шайдаразский	98	S <sub>2</sub>												22	-	+	-	
		4. Гужумдинский	84	S <sub>2</sub>												15	+	-	-	
		а) зона 1	28	S <sub>2</sub>													+	-	-	
		б) зона 2	25	S <sub>2</sub>													+	-	-	
		в) зона 3	3,2	S <sub>2</sub>													+	-	-	
		г) зона 4	4	S <sub>2</sub>													+	-	-	
	д) зона 5	6	S <sub>2</sub>		+	-	-													
	е) зона 6	30	S <sub>2</sub>		+	-	-													
	ж) зона 7	1,5	S <sub>2</sub>		+	-	-													
	II. Аристантау-Сангрунтауский	1. Аристантауский	84	D <sub>2-3</sub>	Аристантауское поднятие	177	+	+	+	21	-	+		-	-					
		2. Сангрунтауский	35	S <sub>2</sub> , D <sub>1-2</sub>												17	-	+	-	
	III. Тамдынский	1. Вост.-Тамдынский 2. Актауский 3. Мурунтауский а) Тамдыбулакская б) Шакаркудукская в) Таскудукская	49,5	D <sub>1</sub> -C <sub>2</sub>	Тамдытауское поднятие	141	+	-	-	5	-	-	-	-	-	-				
			87,9	D <sub>1</sub> -C <sub>2</sub>													32	+	+	-
			154,9	D <sub>2-3</sub> , C <sub>2</sub>													25	+	+	-
			7	S <sub>2</sub>														+	+	-
			22	D <sub>1</sub>														+	+	-
			14	D <sub>1</sub>														+	+	-
IV. Букантауский	1. Тубабергентауский 2. Боздантауский 3. Джетымтауский 4. Алтынтауский	20	D <sub>2-3</sub>	Букантауское поднятие	138	+	-	-	17	-	+		HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	-	-					
		50	D <sub>2-3</sub>													13	-	-	-	
		18,5	D <sub>2</sub> , C <sub>1</sub>														-	-	-	
		8	C <sub>1</sub>														-	-	-	

Окончание таблицы 1

Район	Подрайон	Участок, зона	Площадь, км <sup>2</sup>	Возраст карст. пород	Тектоника	Рельеф							Состав карстовых вод				
							Атмосферные осадки	Карры	Воронки	Закарстов. трещины	Пещеры	Рудноносный карст	Глубинный карст	источников	скважин		
Б – Нуралинский	I. Южно-Нуралинский	1. Акташский	55	D <sub>2</sub> -C <sub>2</sub>	Южно-Нуралинская мегантиклиналь	Среднегорный	244	+	-	+	12	+	-	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	-		
		2. Джасман-Андакский	116	D <sub>2</sub> -C <sub>2</sub>			+	+	34	-	-	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	-				
		3. Майданский	50	D <sub>2</sub> -C <sub>2</sub>			+	+	2	+	-	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	-				
		4. Лянгарский	85	D <sub>2</sub> -C <sub>2</sub>			+	+	11	+	+	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	-				
		5. Пашат-Дебалинский	94	D <sub>2</sub> -C <sub>2</sub>			+	-	2	-	+	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Ca				
	II. Северо-Нуралинский	1. Арватин-Янгикшлякский	50	S <sub>2</sub> , D <sub>2</sub>	Северо-Нуралинская мегантиклиналь		+	-	+	9	+	-	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	-			
		35	C <sub>2</sub>	+			-	+	-	+	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	HCO <sub>3</sub> - SO <sub>4</sub> -Ca					
		2. Койташский	25	D <sub>2</sub>			+	+	4	+	-	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	-				
		3. Меришкорский	110	D <sub>2</sub>			+	+	8	+	+	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	HCO <sub>3</sub> - SO <sub>4</sub> -Ca				
		4. Каратауский	85	S <sub>2</sub> , D <sub>2</sub>			+	-	1	+	+	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	-				
	III. Пистали-Ханбандытауский	1. Писталигауский	55	D <sub>2,3</sub>	Писталигауское поднятие		Низкогорный	+	-	-	-		+	-	-	-	
		2. Ханбандытауский	20	D <sub>2,3</sub>				+	-	-	-		-	-	-	-	-
		3. Егарбелы-Балклытауский	20	D <sub>1,2,3</sub> , C				+	-	-	-		-	-	-	-	-
		15	D										+	-	-	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Ca	
		а) зона I	8	D									+	-	-	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	
б) Уччулачская		6	D								+	-	-	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Na			
в) Дальняя																	

вытянут в субширотном направлении (наивысшая точка – 698 м). Подрайон сложен карбонатными и песчано-сланцевыми отложениями палеозоя и мезокайнозоя, а также интрузивными породами. На поднятиях обнажаются известняки и доломиты, в основном девонского и частично силурийского возраста. Местами известняки доломитизированы и мраморизованы. Закарстованные породы часто чередуются с некарстовыми. В карбонатных породах выделяются многочисленные зоны тектонических нарушений со значительной трещиноватостью и раздробленностью.

Наиболее закарстованы зоны повышенной трещиноватости пород. Карстовые формы представлены каррами, кавернами, понорами, небольшими воронками, нишами и пещерами. Здесь обнаружено ниш – 21, пещер – 7, мешкообразных пещер – 10. Общая длина пещер 175 м. Длина полостей 1,2–10 м, ширина 0,9–5 м, высота входной части 0,8–2 м. В пещерах встречены остаточные, обвальные, органогенные, антропогенные отложения, на потолке 2 пещер – водные хемогенные отложения. Пол пещер и ниш преимущественно горизонтальный.

В подрайоне выделены два карстовых участка (рис. 1).

На равнинах, прилегающих к горным поднятиям, карст развит под мезокайнозойскими образованиями в трещиноватых известняках палеозойского возраста. Подземные воды карбонатных пород в основном сульфатно-хлоридно-натриево-кальциевые с минерализацией 0,8–2,6 г/л.

Тамдынский подрайон. Занимает центральную часть описываемого карстового района. Массив Тамдытау – самое крупное поднятие Кызылкумской группы, состоит из двух слившихся массивов – Северного (Актау) и Южно-Тамдынского (Мурунтау). Они вытянуты с северо-запада на юго-восток на 60 км.

Гора Актау является самой высокой в Центральных Кызылкумах (922 м), средняя высота над окружающей равниной 450 м. Тамдынекие антиклинальные поднятия осложнены разломами. Простираение складок в основном северо-восточное. Палеозойские отложения представлены сланцами, известняками, песчаниками, кремнистыми породами, кое-где прорванными гранитными интрузиями. Широко распространены закарстованные девонские, каменноугольные карбонатные породы общей мощностью до 2300 м [16].

Карстовые формы развиты на водораздельных участках и на северных склонах гор, где карбонатные породы обнажены. Преобладают ниши и пещеры. На приводораздельных участках встречаются карры, поноры, небольшие коррозионные воронки, закарстованные трещины. Обнаружено 62 ниши и пе-

щеры общей длиной 309 м. Длина ниш и пещер варьирует от 1 (г. Лкгау) до 38 м (пещ. Мурункудук). Представлены следующие морфологические типы: ниши – 38, мешкообразные полости – 11, щелевидные – 10, сквозные – 3 и двухэтажные – 1. В пещерах установлены остаточные глины и песчано-суглинистые образования мощностью 5–80 см, обвальные, органогенные, антропогенные отложения. В 5 пещерах имеются сталактиты длиной 1–5 см.

Тамдынский подрайон подразделяется на 2 карстовых участка (рис. 1). В равнинной и предгорной частях подрайона, где палеозойские породы залегают на глубине 30–600 м, на основе анализа электроразведочных материалов и данных буровых скважин выделены трещинно-карстовые зоны: Тамдыбулакская, Таскудукская, Шакаркудукская. Наибольший расход одиночной скважины в зонах Таскудука и Шакаркудука составляет 5 л/с при понижении 3,9 м. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,002 до 1,92 м/сут. Трещинно-карстовые воды преимущественно сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевые, пресные с сухим остатком 0,8–1,5 г/л. В зоне Тамдыбулака безнапорные трещинно-карстовые воды вскрыты двумя скважинами на глубине 21 и 40 м. С погружением карбонатных отложений под водоупорные породы эоцена воды становятся напорными. Откачки из скважин, вскрывающих карбонатные породы в зоне дробления Актауского разлома, дают расходы 2–25 л/с при понижениях 1,5–12,9 м. Коэффициент фильтрации изменяется от 1,23 до 10, при наличии карста он достигает 100–120 м/сут. Воды преимущественно пресные гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые и сульфатно-гидрокарбонатно-магниевого [22].

Букантауский подрайон. Располагается в северной части Центральных Кызылкумов. Поднятие (абс. отм. 764 м) простирается с северо-запада на юго-восток. Массив Букантау – пологое антиклинальное поднятие, в ядре которого залегают дислоцированные палеозойские, а на крыльях – меловые и палеогеновые породы.

Карстующиеся известняки и доломиты девонского возраста с прослоями сланцев и песчаников имеют мощность 1500 м. Каменноугольные известняки и доломиты переслаиваются с кремнистыми породами, песчаниками, конгломератами, гравелитами, алевролитами, аргиллитами общей мощностью более 3100 м [17].

В подрайоне развиты карры, каверны, воронкоподобные углубления (диаметр 20–70 см, глубина до 25 см), ниши, пещеры, карстовые источники.

В Букантауском подрайоне изучено 30 ниш и пещер, общей длиной 175 м, из них 20 ниш, 4 щелевидные и 6 мешкообразных пещер. В 16 пещерах наблюдаются остаточные отложения, в 11 – обвальные, в 21 – органогенные и в 6 – антропогенные. В 3 пещерах обнаружены сталактиты длиной 2–5 см.

### *Район Нуратинских гор*

Площадь района 15,6 тыс. км<sup>2</sup>, из них 1040 км<sup>2</sup> занято обнаженными, а 2500 км<sup>2</sup> – погребенными карстующимися породами. Здесь выделены карстовые подрайоны: Южно-Нуратинский (Актауский), Северо-Нуратинский (Каратауский) и Пистали-Хабандытауский.

Подрайон Южно-Нуратинского хребта. Охватывает южную ветвь Нуратинских гор и прилегающие территории. При средней высоте гребня 1150 м отдельные, наиболее высокие точки поднимаются до 2004 м (гора Тахку). Протяженность Южно-Нуратинского хребта более 276 км. Он расчленен на четыре горных массива: Гобдунтау, Каракчатау, Актау и Каратау. Эти горы представляют собой антиклинорий, осложненный складками и разрывами.

Подрайон сложен палеозойскими и мезокайнозойскими известняками, доломитами, мраморами, мраморизованными известняками, сланцами, песчаниками, алевролитами, гравелитами, конгломератами и другими отложениями. В горах Актау, Бахильтау и Пашахтау развиты мраморы и мраморизованные доломитизированные известняки общей мощностью 100–950 м.

В этом подрайоне обнаружено 73 ниши и пещеры длиной 2,5–110 м, из них 14 ниш, 26 мешкообразных, 6 щелевидных, 13 щелевидно-гrotовых, 6 коридорных, 5 коридорно-гrotовых и 3 сквозных пещеры. Общая длина их 1206 м. В пещерах наблюдаются остаточные, обвальные, воднохемогенные, органогенные, водномеханические и антропогенные отложения. В пещерах Каттаункур, Сувлидара 2, Кызкурган 1, Гоблонуя 1 и Садрингуль 1 имеется мумие.

В долинах горных саев на окраинах закарстованных массивов зафиксировано более 70 периодически и постоянно действующих карстовых источников. Источники по дебиту [10] делятся на очень большие (Нурата – 260, Дебалинд – 140 л/с), большие (Шалдарак – 50, Каттакярыз – 35, Лянгар – 50, Пашат – 12, группа источников Савлидарасая – 50, Андакская – 40 л/с), значительные – основная часть источников с дебитом от 10 до 1 л/с, малые – с дебитом 0,1–0,01 л/с

(Туремес, Джайлау и др.). Они относятся к очень холодным с температурой ниже 10°C (Майка, Тутек) и холодным – 10–20°C (основная часть источников). Воды пресные, гидрокарбонатно-кальциево-магниевого с минерализацией 0,2– 0,4 г/л.

По данным К. Р. Умурзакова (1972 г.) восточнее источников Нурата, Дебалянд и Газган отмечается карст на глубине 15–20 м от земной поверхности.

В пределах подрайона выделено пять карстовых участков.

Подрайон Северо-Нуратинского хребта. Охватывает северную часть Нуратинских гор и прилегающие территории. Средняя абсолютная высота хребта 1350 м, отдельные наиболее высокие отметки в центральной его части достигают 2170 м. Протяженность 225 м. Северо-Нуратинский хребет представляет собой асимметричную антиклинальную складку. Южные склоны его более пологие и широкие, северные – крутые и обрывистые, изрезаны глубокими долинами саев. Подрайон сложен палеозойскими и мезокайнозойскими известняками, доломитами, доломитизированными известняками, сланцами, песчаниками, алевролитами, гравелитами, конгломератами. Закарстованные карбонатные породы силура, девона и карбона имеют мощность 50–600 м.

Карст проявляется в виде карров, закарстованных трещин, ниш, пещер и источников. Здесь обнаружено 20 ниш и пещер общей длиной 347 м: 4 ниши, пещеры сквозные – 1, мешкообразные – 9, щелевидно-гrotовые – 2, коридорные – 1, коридорно-гrotовые – 2, двухэтажные – 1. В пещерах имеются остаточные, обвальные, водные механические, водные хемогенные, органогенные, антропогенные отложения. В 5 пещерах наблюдаются сталактиты длиной до 15 см.

Наиболее интересная пещера Шохтау расположена в верхнесилурийских известняках южного склона горы Шохтау (Северо-Нуратинские горы) на высоте 60 м над руслом сая. За входом округлой формы имеется колодец глубиной 5,8 м (рис. 2), в нижней части которого на восточной стене открывается проход в пещеру. Большой гrot в пещере имеет ширину 6 м, длину 8,4 м. Потолок его поднимается до 14 м. На потолке видны органная труба, сталактиты. Нижняя часть пещеры покрыта мощной толщей пещерной глины. Общая площадь пещеры 166 м<sup>2</sup>, общий объем 661 м<sup>3</sup>, длина 63 м, удельный объем 10,5 м<sup>3</sup>/м.

На западном окончании гор Бесрогата и юго-восточном погружении гор Шохтау К. Р. Умурзаковым (1972) выявлена на глубине 20–50 м закарстованная зона. Периодически и постоянно действующие карстовые источники приурочены в

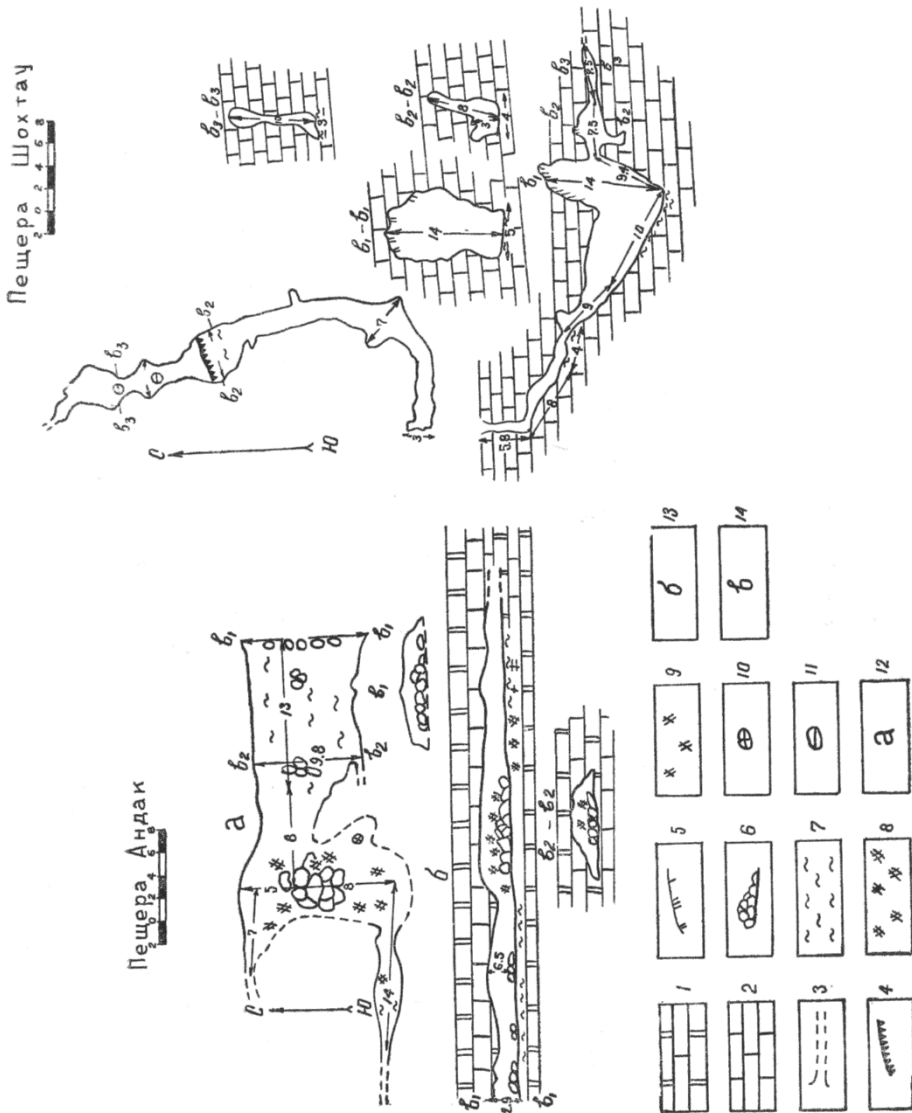


Рис. 2. Планы и профили пещер Андак и Шахтау:  
 1 — мраморизованные известняки, 2 — известняки, 3 — непроходимые щели, 4 — уступы пола, 5 — сталактиты, 6 — глыбы на дне пещеры, 7 — глины, 8 — гуано птиц и экскременты животных, 9 — кости животных, 10 — поноры, 11 — органичные трубы, 12 — план, 13 — продольный профиль, 14 — поперечный профиль



основном к зонам разломов и литологических контактов. Воды их пресные, гидрокарбонатно-кальциево-магниевые. Северо-Нуратинский карстовый подрайон состоит из пяти карстовых участков.

Пистали-Ханбаидытауский подрайон. Расположен к северу от Северо-Нуратинского хребта и охватывает ряд гор, вытянутых с северо-запада на юго-восток. Гряды асимметричны, подняты над равниной до 280 м. Здесь закарстованы карбонатные породы девона и карбона. Подземные формы развиты слабо. Обнаружены 4 ниши. Карры встречаются на относительно больших участках в виде бороздок, желобков и блюдца. В подрайоне выделены 3 участка. В равнинной и предгорной частях подрайона выявлены Учкулачская и Дальняя карстовые зоны.

В описанных районах представлен среднеазиатский тип карста, ранее выделенный А. М. Овчинниковым [18]. Исследованиями А. Алимова [1] подтвержден вывод А. М. Овчинникова о слабой поверхностной закарстованности карбонатных пород горных районов засушливых областей Средней Азии. Н. А. Гвоздецкий [3] также отмечает своеобразие среднеазиатского голого горного карста. Данный тип вошел в классификацию карста по обнаженности и характеру покровных отложений [11].

Основные различия наиболее распространенных типов карста обусловлены морфоструктурными и климатическими условиями, которые определяют степень обнаженности, состав и мощность покровных отложений (таблица 2).

Таблица 2

**Морфоструктурные и климатические условия проявления различных типов карста  
по К. А. Горбуновой (1981)**

Морфо-структуры	Климат	Покровные отложения	Название типа	Морфологический признак	Области развития
Горноскладчатые области	Гумидный тропический, реже субтропический	Прерывистый почвенный покров, кустарниковая и древесная растительность	Зеленый кубинский	Останцы, поля	Куба, Капри
	Гумидный субтропический	Отсутствуют или незначительны	Голый средиземноморский	Карры	Динарские горы
	Гумидный умеренный	Почвенный покров, эловый	Задернованный кавказский	Воронки, котловины	Зап. Кавказ
	Гумидный субтропический, умеренный	Базальт, другие изверженные породы	Подвулканический среднеатласский	Котловины	Среди. Атлас, Малый Кавказ
	Аридный	Крупнообломочный эловый	Обнаженный среднеазиатский	Слабая поверхн. закарстованность	Нуратинские горы
Равнины, плато и плоскогорья платформ и прогибов	Гумидный умеренный	Эловый	Покрытый подэлювиальный	Воронки	Уфимское плато
	Гумидный умеренный в областях четвертичного оледенения	Гляциальные, флювио-гляциальные	Перекрытый подморенный	Провальные, суффозионно-корроз. воронки	Кулойское плато
	Гумидный умеренный (в долинах рек)	Аллювиальные	Перекрытый подаллювиальный	Провальные, суффозионно-корроз. воронки	Бассейн Волги
	Аридный	Отсутствуют, слабо развиты	Голый	Карры, поноры	Индер
	Гумидный умеренный	Осадочные некарстующиеся породы	Закрытый	Провальные воронки	Предуральский прогиб

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов А. О карсте Нуратинских гор. – В кн.: Инженерно-геологические условия Средней Азии. Ташкент, 1974.
2. Гвоздецкий Н. А. Вопросы географического районирования карста на территории СССР. – В кн.: Общие вопросы карстоведения. М., 1962.
3. Гвоздецкий Н. А. Проблемы и ближайшие задачи изучения среднеазиатского карста. – В кн.: Материалы по карсту Узбекистана. Тр. Самаркандск. ун-та, 1963, вып. 134.
4. Дикенштейн Г. Х. и др. Тектоника и нефтегазоносность западных районов Средней Азии. М., Госгеолтехиздат, 1963.
5. Кушнарь С. А. К геологии Юго-западных Кызылкумов. Уч. зап. географ. ф-та Моск. пед. ин-та, выл. 1, т. III, 1940.
6. Лосев Н. А., Железнов В. М. К вопросу о характере тектонических движений в области Северо-Нуратинского хребта. – Тр. комиссии по изучению четвертичного периода. М., АН СССР, 1957, XIII.
7. Мавлянов Г. А., Тетюхин Г. Ф. Современные тектонические движения в Кызылкумах. – Узб. геол. журн., 1966, № 2.
8. Максимович Г. А. Районирование карста СССР. – В кн.: Докл. IV Всеуральск. совещ. по физ. географ. и экон. географ. районированию. Пермь, 1958.
9. Максимович Г. А. Распространение и районирование карста СССР. – В кн.: Гидрогеология и карстование, вып. 1. Пермск. ун-т., 1962.
10. Максимович Г. А. Основы карстоведения, т. 1. Пермь. 1963.
11. Максимович Г. А. Карстосфера и типы карста. – В кн.: Карст и гидрогеология Предуралья. Тр. ин-та геологии и геохимии УНЦ АН СССР, вып. 140. Свердловск, 1979.
12. Максимович Г. А., Маматкулов М. М., Алимов А. Пещеры среднеазиатского типа карста, – В кн.: Пещеры. Пермск. ун-т, 1978.
13. Маматкулов М. М. Закономерности распространения карстовых явлений Узбекистана. – В кн.: Гидрогеология и инженерная геология аридной зоны СССР, вып. 5. Ташкент, Фан, 1969.
14. Маматкулов М. М. Некоторые морфометрические показатели пещер Средней Азии. – В кн.: Пещеры. Пермск. ун-т, 1978.
15. Мирзаев С. Ш. и др. Предварительные итоги изучения условий использования и методов искусственного восполнения запасов подземных вод Средней Азии. – В кн.: Формирование и размещение запасов подземных вод, опыт их разведки, вопросы искусственного восполнения и управления. Ташкент, 1973.
16. Набиев К. А., Лутфуллаев С. А. К вопросу литолого-стратиграфического расчленения карбонатных пород гор Актау (Тамдынские горы, Центральные Кызылкумы). – Узб. геол. журн., 1966, № 4.
17. Набиев К. А., Лутфуллаев С. А. Литология и стратиграфия девонских и каменноугольных карбонатных отложений Букантау, Джетымтау I, Джартаг, Джетымтау II. – Узб. геол. журн., 1967, № 3.
18. Овчинников А. М. Общая гидрогеология. М., Госгеолтехиздат, 1949.
19. Пятков К. К. и др. Геологическое строение Центральных Кызылкумов. Ташкент, Фан, 1967.
20. Рыжков О. А. Геологическое строение Узбекистана – В кн.: Гидрогеологические и инженерно-геологические условия Узбекистана, т. I. Ташкент, 1963.
21. Соколов Д. С. Основные условия развития карста. М., Госгеолтехиздат, 1962.
22. Шерфединов Л. З., Мирзаев С. М. О роли горных возвышенностей в формировании запасов подземных вод Кызылкумов. – В кн.: Гидрогеология и инженерная геология аридной зоны СССР, вып. II. Ташкент, Фан, 1970.

В. П. БЫКОВ

КО ВНИГНИ

### **КАРСТОВЫЕ БРЕКЧИИ**

Карстовые брекчии представляют одну из разновидностей эпигенетических брекчий [2, 10, 22, 25]. Первое их описание в отечественной литературе было сделано М. Э. Ноинским [12].

Карстовые брекчии изучены слабо, хотя они как специфическая разновидность выделены в ряде классификаций брекчий и брекчиевидных пород [10, 19, 22]. В геологической литературе они описываются обычно как брекчии пещер и подземных обвалов, имеющие локализованное распространение [11, 23]. В зарубежной литературе их именуют как *founder Breccia* (брекчия провалов, обрушения) или *evaporite solutiok Breccia* (брекчия растворения эвапоритов) [28, 29, 32, 5]. Причем нередко эти два типа брекчий не различаются и нет указания на их карстовый генезис, что следует из описания образования, строения и соотношения брекчии с вмещающими породами. В качестве примера можно привести описание брекчии обрушения (она же растворения эвапоритов) в пермской толще отложений, выходящих по границам бассейна Делавер в западном Техасе и юго-восточном Нью-Мексико в США [5].

Генезис карстовых брекчий не одинаков. По условиям их образования автором выделено семь типов (таблица).

Карстовые брекчии состоят из литологически однородных обломков известняков, доломитов или доломитизированных известняков. Часто среди обломков карбонатных пород имеются включения ангидритов и терригенных пород. Размеры обломков составляют 0,1–100 см.

Морфологическими особенностями карстовых брекчий в отличие от брекчий перекристаллизации, размыва, внутриформационных, взрыхления, а также некоторых брекчиевидных карбонатов являются, во-первых, большая степень неоднородности: минимальный размер нередко в 1000 раз меньше максимального (в других разновидностях не более чем в 30 раз); во-вторых, для карстовых брекчий характерны максимальные размеры обломков до 1 м (для других брекчий – не более 0,1 м).

Обломки ориентированы обычно беспорядочно. Однако в отдельных случаях наблюдается некоторая упорядоченность в их расположении, что связано, как это будет показано в дальнейшем, с различными условиями образования карстовых брекчий. Форма обломков разнообразная: остроугольная, плоская, полуокатанная. Текстура беспорядочная, мозаичная, линейная. Обломки сцементированы глинистым, глинисто-карбонатным, карбонатным, гипсовым или гипсово-глинистым веществом. Пористость брекчий невысока – 5–7 %, но проницаемость может достигать 50 мд. Форма залегания брекчий: а) гнездообразная, б) конформная напластованию, в) по трещинам.

### Классификация карстовых брекчий (по В. Н. Быкову, 1975)

Генетические разновидности брекчий		Форма залегания	Гидродинамическая зона циркуляции карстовых вод
типы	классы		
Обрушения	Обрушения карбонатной кровли в сухих полостях (субаэральные) Обрушения карбонатной кровли в водной среде (субаквальные) Обрушения карбонатной кровли и покровных отложений	Гнездообразная	Горизонтальной и вертикальной нисходящей циркуляции
Локального выщелачивания		Гнездообразная Конформная напластованию	Переходная
Сосредоточенного подземного стока		Конформная напластованию Гнездообразная	Горизонтальной циркуляции
Супераквальные		Конформная напластованию	Поверхностной циркуляции
Доломитизации		Гнездообразная по трещинам	Горизонтальной и глубинной циркуляции
Стилолитизации		Гнездообразная	Горизонтальной и глубинной циркуляции
Политеистические	Тектоно-карстовые Седиментационно-карсто-абразионные Карсто-абразионные Карсто-эрозионные Гидратационно-карстовые	Гнездообразная Конформная напластованию По трещинам	Поверхностной, горизонтальной и вертикальной нисходящей и восходящей циркуляции Переходная

Мощность брекчий тесно связана с формой их залегания. Наиболее изменчива она в гнездообразных формах; максимальная мощность может колебаться очень значительно от 2 см до 100 м, причем даже в пределах небольшого участка.

Карстовые брекчии, в отличие от других разновидностей, могут в небольшом по мощности карбонатном массиве образовывать сложные «этажи». На Южно-Чусовском месторождении карбонатных пород, приуроченном к самой западной тектонической зоне Урала, в карбонатных породах визейского яруса в скв. 38 вскрыто 30 прослоев и участков с известняковой брекчией общей мощностью 25–85 м при составляющей мощности 0,1–3,1 м [7]. В скв. 2 встречен лишь один прослой мощностью 1,7 м, а в скважинах 1, 3, 5 брекчия не обнаружена. Брекчия образовалась в течение одной карстовой эпохи.

Этажность в расположении горизонтов брекчии может быть обусловлена сложными тектоническими колебаниями земной коры, когда карстовый процесс неоднократно прерывается и затем снова возобновляется. В карбонатной толще верхнего визе, намюрского и башкирского ярусов в Кизеловском бассейне выделены многочисленные прослои брекчий [14] мощностью 0,05–5 м (реже более 5 м), объединенные [3] в три основных горизонта. Они расположены в 250–290, 300–350 и 360–400 м выше кровли угленосной толщи (по нормали). Процесс образования брекчии происходил в течение трех карстовых эпох.

Примечательный признак карстовых брекчий – следы выщелачивания и выветривания, а также аккумуляция минералов в полостях обломков: в совокупности эти черты характерны только для брекчий, в образовании которых участвовал и карст.

Брекчии обрушения подразделены на три класса: 1) брекчии обрушения карбонатной кровли в сухих полостях (субаэральные), 2) брекчии обрушения карбонатной кровли в водной среде (субаквальные) и 3) брекчии обрушения карбонатной кровли и покровных отложений. Эти разновидности брекчий формируются в хорошо разработанных пещерных и пещеристых системах. Причем брекчии первого и третьего классов обычно возникают в полостях первого верхнего яруса, как это установлено в гипсовых отложениях Кунгурской ледяной пещеры [9].

Субаэральные брекчии автор считает реликтом пещерных отложений, которые образовались в последнюю стадию эволюции пещеры – обвально-цементационную [8]. В эту группу включены и обвально-карстовые брекчии воронок. В субаэральных брекчиях могут быть зеркала

скольжения. Они являются результатом вторичных преобразований обломков в процессе их уплотнения и цементации.

Брекчии обрушения распространены в различных геотектонических условиях.

На Куединском месторождении в скв. 17 (интервал 1408,6–1412,6 м) в фаменских отложениях обнаружена брекчия мощностью 0,7 м, состоящая из остроугольных обломков известняка светло-серого с глинистым цементом. Нижней части слоя свойственны зеркала скольжения. Характерно, что брекчия перекрыта известняком светло-серым, доломитизированным, с неправильным остроугольным изломом. Брекчия обрушения несколько иного вида встречена на Кухтымском месторождении (скв. 6, интервал 1446,3–1449,3 м) среди отложений намюрского яруса. Здесь обломки неправильной формы, размером 1–3 см, представлены двумя разновидностями известняка: светло-серым и в небольшом количестве буровато-серым. Все обломки сцементированы глинистым веществом. Оба случая отмечены на платформенной части Пермской области.

В Кизеловском каменноугольном бассейне брекчии и конгломераты в визейских известняках и доломитах образовались также в результате обрушения кровельных пород полостей небольших размеров [4]. Карбонатные брекчии обрушения известны в южных горных районах Западной Сибири (Салаир, Алтай, Горная Шория, северная окраина Кузбасса, Кузнецкий Алатау, Восточные и Западные Саяны). Они рассматриваются как проявления карста мезозойского, палеозойского и докембрийского возраста [5]. В Качавских горах (Зап. Судеты) брекчии обрушения сформировались в результате заполнения полостей в верхнем плиоцене и в плейстоцене [31]. Карсто-абразионные полости в силурийском доломите биогермов на востоке штата Айова как в массивных ядрах, так и на слоистых крыльях заполнены брекчиями обрушения. Часть полостей выполнена глиной [27].

Субаэральные брекчии в прошлые геологические эпохи образовались не только в древних пещерных системах, но и в совокупных пещеристых полостях высотой преимущественно до 0,5–1 м.

Субаквальные брекчии образуются в условиях действия напорного режима подземных вод. Для них характерна некоторая вертикальная отсортированность обломков. Так, в карстовой брекчии, встреченной на глубине 401–406 м в скв. 61 Леонидовской площади [22], на обломках размерами 3–8 см залегают более мелкие – 0,3–0,7 см. Такое чередование обломков по разрезу наблюдается неоднократно. По



нашему мнению, образование брекчий происходило в водной среде при периодическом обрушении обломков в кровле полостей. Субаквальные брекчии – результат древних карстовых процессов послесакмарского времени [21].

Существует и другой путь образования субаквальных ирекчий и конгломератов. В карстовых районах нередко исчезающие (подземные) карстовые реки (одну из них автор наблюдал на правом берегу р. Чусовой). Подземное русло таких рек, как это установлено бурением, имеет сложный профиль, циркообразные углубления, так называемые котлы. В них нередко обнаруживают карстовые брекчии. Начало образования их можно изучить на современной подземной реке Вуске (Франция). Галереи и карсто-эрозионные котлы – реликт пещерной системы, возникшей при древней циркуляции карстовых вод [30]. В котлах скопились обломки и гальки пород, принесенных потоком: известняка, кварца, гематита и др. В настоящее время происходит их цементация известково-глинистым материалом.

Сформированные древние субаквальные брекчии обнаружены в триасовых карбонатных массивах итальянских доломитовых Альп. Наряду с тектоническими здесь диагностированы и карстовые обломочные породы [26]. Возникли они в конце олигоцена или в миоцене при участии не только карстовых процессов, но и речной эрозии. Следовательно, генезис их следует определить как карсто-эрозионный.

Процесс образования брекчий обрушения карбонатной кровли и покровных отложений можно восстановить по процессам формирования обвальнo-карстовых пород на правом берегу р. Чусовой, выше с. Кривое [1]. Эти породы установлены геологической съемкой и бурением скважин водозабора нефтепромысла. Они залегают под толщей четвертичных суглинков и песков, сложены разрушенными известняками и доломитами с включениями обломков гипсо-ангидритов, а также большого количества гальки и гравия, кварца, яшмы и других пород. Обвальнo-карстовые породы образовались в результате выщелачивания карстовыми водами поддолинного потока р. Чусовой гипсов, ангидритов, доломитов и известняков четырех верхних пачек иренского горизонта. Накопление карбонатных, гипсо-ангидритовых и других обломков происходило в результате обрушения выщелачиваемых и покровных отложений в карстовые полости. Мощность образовавшихся несцементированных щебенки и слабо связанных брекчий различна и на коротком расстоянии меняется от 0,9 до 15 м. Верхняя и нижняя поверхности слоя брекчии неровные, образуют впадины и выступы. Обвальнo-карстовые

породы развиты на тех участках, где кунгурские отложения перекрываются непосредственно четвертичными. На тех участках, где они перекрыты отложениями Соликамского горизонта, иренский горизонт сохранился в полном объеме. Ниже обвальнo-карстовых пород залегают известняки кавернозные, сильно трещиноватые, выветрелые и выщелоченные, что придает им облик раздробленной и разрушенной породы. Это уже свидетельство образования (без стадии цементации) брекчии локального выщелачивания. Для этого типа брекчии характерна дезинтеграция породы на обломки без существенного изменения их первоначальной ориентировки.

Породы обвальнo-карстового генезиса, очевидно, нередки для окско-серпуховских и намюрских отложений восточных районов Русской платформы. Среди окско-серпуховских отложений Таныпского месторождения (скв. 1, интервал 1324–1330 м) залегают брекчии известняка светло-серого со слабо нарушенной структурой. В брекчии есть включения коричневого известняка, черной глины, обильны стилолиты с глинистым заполнителем. Брекчия перекрыта известняком серым, желтовато- и коричневатo-серым, сходным по составу и структуре с нижезалегающими обломками.

Если в намюрском ярусе, в окском и серпуховском надгорizontах мощность карстовых брекчий составляет десятки сантиметров, может быть и более метра, то в башкирском ярусе она измеряется единицами, реже двумя-тремя десятками сантиметров. Встречаемость их, несмотря на обилие брекчий в отложениях яруса, редкая, так как преобладают брекчии подводного размыва на мелководье, а в течение кратковременных континентальных режимов успевали формироваться преимущественно карстовые полости и аккумулятивные образования. Маломощная (43 см) карстовая брекчия вскрыта на Павловском месторождении (скв. 10–13, интервал 1049–1056 м). Она состоит в верхней части (9 см) из остроугольных неокатанных обломков известняка светло-коричневого размерами 0,05–6 см, а в нижней (43 см) – из обломков неправильной формы и полуокатанных и окатанных галек известняка светло-коричневого и почти черного размерами 0,05–5 см. В прослойке аргиллита отмечены зеркала скольжения. Брекчия перекрыта известняком светло-серым с коричневым оттенком, с частыми глинистыми промазками.

Обвальнo-карстовые породы широко распространены в Среднем Поволжье [12, 13, 17, 18, 20]. Их относим к палеозойскому и нижнемезозойскому этапам карстообразования. Брекчии обвальнo-карстового генезиса встречены в известня-

ках спасской серии среднего кембрия на Дальнем Востоке у г. Спасска и в других пунктах [6].

Мощность обвальнo-карстовой брекчии может быть и значительной. Так, в ряде пунктов центральных районов Новой Шотландии (Канада) она превышает 30 м [24]. Брекчия образована при растворении и обрушении уиндзорских ангидритовых и карбонатных пород миссисипской серии и частично включает, вероятно, обломки массивных известняков и красноцветных мергелей из вышележащей пачки. Трещины и полости в брекчии часто выполнены песками и гальками кварцитов. Образование брекчии относится к триасовому или послетриасовому времени.

Образование брекчий других типов почти не связано с формированием пещерных систем (современных или геологического прошлого). Брекчии локального выщелачивания возникают при формировании каверновых и пещеристых коллекторов. В нефтяном месторождении Елк-Бейсин бассейна Биг Хорн (к юго-востоку и востоку от Иеллоустонского национального парка США) в районе погребенной карстовой воронки залегает обвальнo-карстовая брекчия, переходящая книзу в брекчию локального выщелачивания. Брекчии сосредоточенного подземного стока формируются при одностороннем или центростремительном стоке и могут располагаться на площади в несколько десятков квадратных километров (например северная часть Уфимского плато). Супераквальны е брекчии являются продуктом карста в условиях заболоченной равнины, вероятно, в карстовых озерах или заболоченных карстовых воронках (в турнейских отложениях Ярино-Каменноложского месторождения). Брекчии доломитизации образуются па участках проявления карстового выщелачивания в условиях палеогипергенеза и могут контактировать с субаквальными брекчиями бывших пещеристых полостей (верхняя часть франского яруса, Тимшер, Юксеево – Пермская область). Брекчии стилолитизации обусловлены обилием стилолитов, перпендикулярных и параллельных напластованию при нарушении целостности породы (турнейские известняки Ярино-Каменноложского месторождения).

Тектоно-карстовая брекчия может быть связана с пещеристыми полостями, но может образоваться и независимо от них. В первом случае процесс идет в три стадии: а) возникновение перпендикулярных (или вертикальных) трещин, б) расширение трещин карстом, в) заполнение трещин продуктами карста из вышезалегающей зоны. Во втором случае происходит дробление трещинами на границе компетент-

Компонентных и некомпонентных пород, дальнейшая дезинтеграция циркулирующими водами и постепенная цементация образующихся обломков карбонатными минералами, выпадающими из растворов; обломки в этом случае не перемещаются (башкирские отложения Ножовского месторождения).

Седиментационно-карсто-абразионные брекчии образовались в зоне рифов путем выщелачивания эваноритов, отлагавшихся во внутренних, межрифовых лагунах и на отмелях тыловой части рифа. Карсто-абразионные брекчии формировались на побережьях древних морей (пермские отложения Сылвенской впадины). Генезис гидратационно-карстовых брекчий обусловлен выщелачиванием ангидрита при сопутствующей гидратации (в пермских и триасовых отложениях восточной части провинции Сычуань и в западной провинции Хубэй, Китай).

Таким образом, образование карстовых брекчий связано не только с формированием пещер и пещеристых полостей современного или древнего карста. Выделение разновидностей карстовых брекчий поможет исследователям восстановить историю геологического развития отдельных территорий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Быков В. Н., Балдина А. А. Гидрохимия вод поддолинного потока р. Чусовой. – Тр. Пермск. фил. Гипростокнефть, вып. 2. Пермь, 1966 (6).
2. Горбунова К. А. Формирование карстовых брекчий восточного крыла Уфимского вала в свете гидрогеологических данных. – Изв. вузов, геология и разведка, 1960, № 10.
3. Ежов Ю. А. Карст и гидрогеология Кизеловского угленосного района в связи с разработкой глубоких горизонтов месторождений. – Автореф. дне. на соиск. уч. степ. канд. геол.-минерал. наук. Свердловск, 1963.
4. Ежов Ю. А. О древней закарстованности визейских известняков и доломитов Кизеловского угленосного района. – Тр. ин-та геол. (Уральский филиал АН СССР), вып. 69. Свердловск, 1964.
5. Карбонатные породы, т. 1 / Под ред. В. Н. Холодова. М., Мир, 1970.
6. Колбин М. Ф., Шехоркина А. Ф., Шехоркин И. А. Карст в Южном Приморье. – Докл. АН СССР, 128, № 3, 1959.
7. Кузнецова Л. С., Игнатьев Н. А. Карстовая брекчия Южно-Чусовского месторождения карбонатных пород. – В кн.: Геология и петрография Западного Урала, вып. 3. Пермск. ун-т, 1967.
8. Максимович Г. А. Основные стадии развития многоэтажных горизонтальных карстовых пещер в известняках и гипсах. – В кн.: Пещеры, вып. 8. Пермск. ун-т, 1962.
9. Максимович Г. А. Основы карстования, т. I, Пермь, 1963.
10. Маслов В. П. Классификация брекчий. БМОИП, отд. геол., т. XVI, вып. 4. М., 1938.
11. Наливкин Д. В. Учение о фациях, т. I. М., 1955.

12. Ноинский М. Э. О происхождении «брекчиевидного известняка» Самарской Луки. – Тр. общ-ва естествоиспыт. Казанск. ун-та, т. XXXIX, вып. 5. Казань, 1903.
13. Ноинский М. Э. Самарская Лука. – Тр. общ-ва естествоиспыт. Казанск. ун-та, т. 45, вып. 4–6. Казань, 1913.
14. Печеркин И. А. Подземные и шахтные воды Кизеловского каменноугольного бассейна. Автореф. на соиск. уч. степ. канд. геол.-минерал. наук. Пермь, 1955.
15. Радугин К. В. Современный и древний карст Западной Сибири. – В кн.: Региональн. карстоведение, М., АН СССР, 1961.
16. Саваренский Ф. П. Инженерная геология, 2 над. М.; Л., 1939.
17. Саваренский Ф. П. Остаточная глина из доломитовой муки верхнего карбона Самарской Луки. – Докл. АН СССР, т. 44, № 8, 1944.
18. Селивановский Б. В., Каштанов С. Г. Карст Среднего Поволжья. – Уч. зап. Казанск. ун-та, 121, № 6, 1961.
19. Сорокин В. С. Древние карстовые брекчии, химические псевдобрекчии раздоломичивания и вторичные известняки в отложениях франского яруса Главного девонского поля. – В кн.: Вопр. геол. среди, и верхи, палеозоя Прибалтики. Рига, Зинатче, 1967.
20. Ступитин А. В. Некоторые выводы по изучению карста Среднего Поволжья. – Уч. зап. Казанск. ун-та, 121, № 6, 1961.
21. Тихвинский И. Н. К характеристике рельефа пермской суши юга Татарии и прилегающих районов. – Докл. АН СССР, 125, № 3, 1959.
22. Фролов В. А. О брекчиях и брекчиевидных карбонатах артинского и сакмарского ярусов на западе Башкирии. – Тр. ВНИГРИ, вып. 190. Л., 1962.
23. Швецов М. С. Петрография осадочных пород. М., Госиздат, 1948.
24. Clifton H. E. Solution – collapse and cavity filling in the Windstor Croup, Nova Scotia, Canada. – Bull. Geol. Soc. America, 1967, 78, N 7.
25. Gorbunova K. A. Exogenetic gypsum tectonics. Proceedings of the 7 th International Congress of Speleology, 1977.
26. Cros P. Interpretation des formation detritiques attributes an Rhetien dane ies Dolomites. – C. r. Acad. sci., 1966, D 262, N 9.
27. Hinman E. E. A biohermal facies in the Silurian of eastern Iowa. – Rept Invest. Iowa Geol. Surv., 1968, N 6.
28. Howard I. H. A classification of subsurface Bodies of fragmented rocks. – Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists, 1967, 51, N 6, Part 1.
29. Norton W. A. A classification of breccias, Journ. of Geology, XXV, p. 160, 1917.
30. Palos H. Sur des remplissages de marmites d'erosion dans la riviers souterraine de Bousquet, commune de Gornies (Herault). – Ann. speleol, 1961, 16, N 1.
31. Puli na M. Wick i intensywnose rozwoju zjawisk krasowuch w Gorach Kaczawskich w okolicy Wojcieszowa (Sudety Zachodnic – Speleologia, 1959, I, N 4.
32. Reynolds S. II. Breccias, Geol, Magaz, V, 1928, 65.

Г. П. ЛЫСЕНИН  
Коми филиал ВНИИГАЗа

## КАРСТ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КОМИ АССР

Карстовые явления в юго-восточных районах Коми АССР имели широкое распространение и издавна привлекали внимание исследователей. В настоящее время их изучение приобретает особое значение в связи с начавшимся интенсивным освоением территории и формированием Тимано-Печорского территориально-производственного комплекса.

Систематическое исследование карста в данном районе до сих пор не проводилось. Сведения о проявлениях карста приведены в ряде работ [1,2, 4–6, 8, 15 и др.]. В 1963–1968 гг. данные о нем обобщались разными авторами [3, 12–14]. В соответствии со схемой районирования карста, разработанной Г. А. Максимовичем и основанной на тектоническом принципе [9, 10, 12], и с учетом новых данных составлена уточненная карта распространения карста на Европейском северо-востоке СССР [7]. На ней в пределах карстовых провинций и областей обособляются площади развития карста в зоне гипергенеза (карстовые районы и участки) и площади, на которых распространены в основном палеокарстовые формы и в той или иной степени развивается глубинный карст (закарстованные породы перекрыты некарстовующимися палеозойскими и мезозойскими отложениями значительной мощности).

Изучаемая территория охватывает южные части Тиманской и Печорской, северные части Предуральской и Западноуральской карстовых провинций (рисунк).

В Тиманской провинции, расположенной в пределах Тиманского кряжа, закарстованы известняки и доломиты от верхнепротерозойских до нижнепермских и гипсы верхнефранского подъяруса и кунгурского яруса. Юг провинции характеризуется обилием и разнообразием карстовых форм [3, 5, 8, 14, 15]. Полости размером до 3 м вскрываются буровыми скважинами в верхнедевонских и каменноугольных карбонатных отложениях до глубины 200–300 м. К древним карстовым впадинам в рельефе кровли известняков верхнего девона приурочены залежи осадочных бокситов в верховьях р. Вычегды. Разрабатываются месторождения известняков и гипса, используемых в качестве строительных материалов.

На многих площадях встречены карстовые воронки до 20–30, иногда до 60 м глубиной и диаметром до 100 м. Плотность воронок на некоторых карстовых полях свыше 10 на

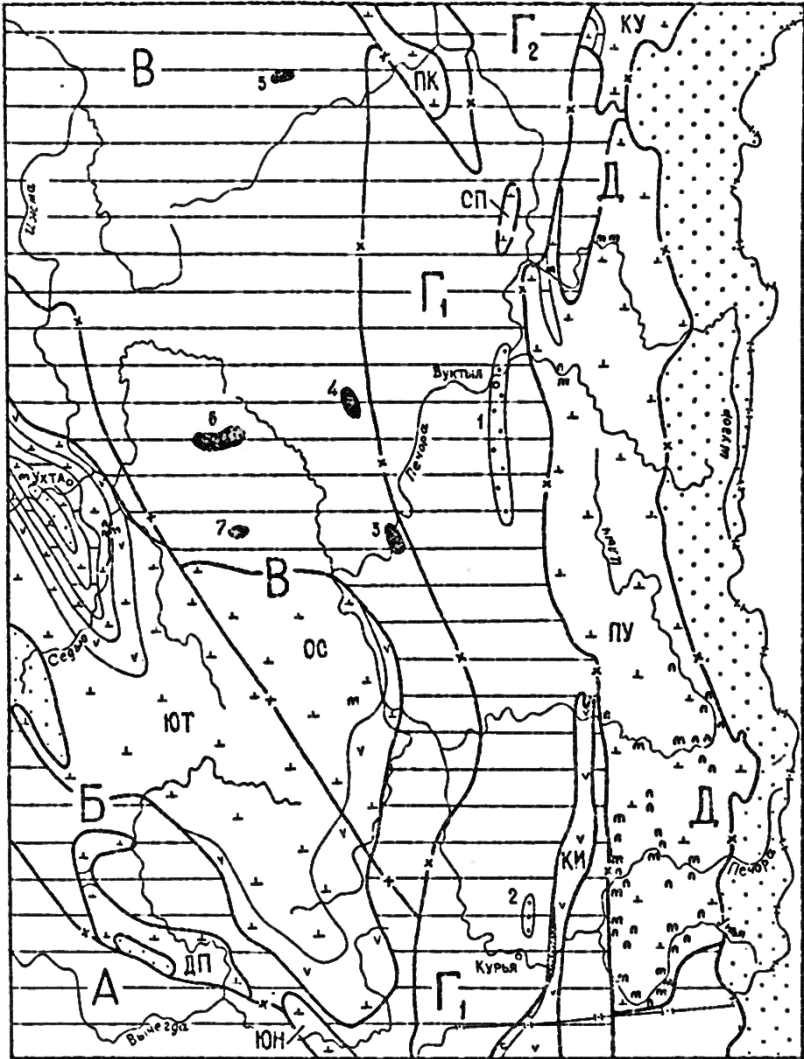
1 км<sup>2</sup>. Имеются карстовые лога, слепые овраги, исчезающие реки и ручьи. На участках карбонатного карста обнаружены небольшие пещеры в береговых обрывах; к особенно известным отнесены пещеры в долине р. Седью длиной до 50 м.

Дебиты карстовых источников нередко превышают 500 м<sup>3</sup>/сут. Для водоснабжения пос. Вой-Вож много лет используются карстовые воды каменноугольных отложений. На карстовых водах верхнего девона базируется водоснабжение г. Ухты. Доказана возможность водообеспечения г. Сосногорска хозяйственно-питьевой водой из каменноугольных известняков, залегающих под юрскими образованиями на правом берегу р. Ижмы.

На юге провинции выделяется три района развития современного карста: Южнотиманский (общая площадь более 15 тыс. км<sup>2</sup>), Джемипарминский (около 1,3 тыс. км<sup>2</sup>) и Южнонемский (площадь в пределах Коми АССР 0,7 тыс. км<sup>2</sup>).

Печорская провинция соответствует одноименной синеклизе. Здесь характерно преобладание палеокарстовых и глубинных карстовых форм, поскольку растворимые в воде породы (известняки и доломиты от ордовикского до раннепермского возраста, гипсы кунгурского яруса) на большей части синеклизы залегают под мощной толщей некарстующихся палеозойских и мезозойских образований. Кавернозность карбонатов установлена почти по всему разрезу на всех исследованных площадях, а крупные полости, фиксируемые по провалам бурового инструмента и поглощениям жидкости, встречены на глубине 3 км и больше [1, 2, 4, 6, 8]. На Пашнинской площади отмечен случай перетока пластовой воды с механическими примесями на расстояние 1,8 км между двумя скважинами по системе карстовых полостей в фаменских и турнейских отложениях на глубине 1440–2003 м [6]. С карстовыми карбонатными коллекторами связаны нефтяные залежи на Пашнинском, Северосавиноборском, Лузском, Западнотэбукском и Джьберском месторождениях (см. рисунок). На многих участках закарстованные породы палеозоя вмещают бромные и йодо-бромные минеральные воды, использующиеся в промышленных целях.

В южной части провинции выделяются два района развития современного карста: Омро-Сойвинский и Печоро-Кожвинский, приуроченные к одноименным положительным структурам. В первом из них, имеющем площадь около 5 тыс. км<sup>2</sup>, широко распространены карстовые воронки, суходолы, небольшие пещеры, исчезающие речки и ручьи, высокодебитные карстовые источники (до 850 м<sup>3</sup>/сут). Карстовые воды карбона используются для водоснабжения пос. Нижняя





Омра. Оценены эксплуатационные запасы вод известняков нижней перми для обеспечения будущего города Троицка-Печорска и проектируемого близ него лесопромышленного комплекса.

Публикаций по Печоро-Кожвинскому карстовому району нет. Общая площадь этого района превышает 2 тыс. км<sup>2</sup>. Здесь на участках выхода верхнедевонских, каменноугольных и нижнепермских известняков и доломитов часто встречаются карстовые воронки и суходолы, а скважинами иногда вскрываются крупные (до нескольких метров в поперечнике) полости выше уровня подземных вод. Специфической чертой района является весьма редкая речная сеть на площадях развития карбонатных пород, т. е. подземный сток резко преобладает над поверхностным. В полосе распространения терригенных отложений карстовые воды выходят на поверхность и появляются многочисленные ручьи.

Предуральская провинция соответствует Предуральскому прогибу и на описываемой территории представлена Верхнепечорской карстовой областью, охватывающей одноименную впадину. На большей ее части закарстованные породы (карбонатные отложения от ордовикских до нижнепермских, а также гипс и каменная соль кунгурского яруса) залегают под мощным покровом верхнепермских и триасовых терригенных

---

Распространение карста на юго-востоке Коми АССР Границы: 1 – Коми АССР, 2 – карстовой провинции, 3 – карстового района, 4 – карстового участка, 5 – выхода на поверхность или под маломощные четвертичные и мезозойские отложения пород различного состава (в пределах карстовых районов); площади развития современного карста в зоне гипергенеза: 6 – в известняках и доломитах, 7 – в гипсе, 8 – в каменной соли; 9 – основные карстовые пещеры и группы пещер; 10 – карстовый уступ в зоне выхода соленосной толщи кунгурского яруса под четвертичные осадки; 11 – площади преимущественного распространения палеокарстовых форм; 12 – площадь отсутствия или узлокального распространения карстующихся пород; залежи углеводородов в карстовых карбонатных коллекторах: 13 – нефтяная, 14 – газовая или газоконденсатная. Карстовые провинции: А – Притиманская, Б – Тиманская, В – Печорская, Г – Предуральская (Г<sub>1</sub> – Верхнепечорская карстовая область, Г<sub>2</sub> – Усино-Коротаихинская карстовая область), Д – Западноуральская; карстовые районы: ЮТ – Южнотиманский, ДП – Джемипарминский, ЮН – Южнонемский, ОС – Омро-Сойвинский, ПК – Печоро-Кожвинский, КИ – Колво-Ильчский, СП – Среднепечорокий (карстовый участок), ПУ – Печоро-Уральский, КУ – Кожимско-Уральский; месторождения углеводородов и возраст продуктивных карбонатных отложений: 1 – Вуктыльское (С<sub>1</sub>-Р<sub>1</sub>), 2 – Рассохинское (С<sub>3</sub>-Р<sub>1</sub>), 3 – Пашнинское (D<sub>3</sub>fm, Р<sub>1</sub>), 4 – Северосавиноборское (D<sub>3</sub>fm, Р<sub>1</sub>), 5 – Лузское (D<sub>3</sub>fr<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>fm), 6 – Западнотэбукское (D<sub>3</sub>fr<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>fm), 7 – Джьерское (D<sub>3</sub>fm).

образований. Но и в больших глубинах в изобилии встречаются различные формы. Преобладают каверны, выщелоченные трещины, поры растворения, а на Вуктыльской площади на глубине 2251 м обнаружена полость высотой 1,5 м, зафиксированная по провалу инструмента.

В карстовых коллекторах открыты две залежи углеводородов: газовая на Рассохинском и газоконденсатная на Вуктыльском месторождениях. На многих площадях в карбонатных отложениях отмечены нефте- и газопроявления и встречены минеральные бромные и йодо-бромные воды.

Современный карст развивается в Колво-Илычском районе на юге впадины. Здесь карстуются в основном гипс и каменная соль кунгурского яруса. Гипсовый карст проявляется в виде редких воронок и мелких форм выщелачивания в обнажениях. Его развитие затруднено тем, что сульфатные отложения часто переслаиваются с терригенными. В полосе выхода соленосной толщи под четвертичные осадки имеются соляные источники и блюдцеобразные понижения, иногда заполненные соленой водой. Близ д. Пачгино на р. Печоре граница распространения соленосных отложений под четвертичными осадками выражена в современном рельефе уступом, хорошо просматривающимся на аэрофотоснимках. Площадь района в пределах Коми АССР составляет около 1 тыс. км<sup>2</sup>.

На Среднепечорском поперечном поднятии, отделяющем Верхнепечорскую впадину от Больиесынинской (и соответственно Верхнепечорскую карстовую область от Усино-Кортаихинской), расположен Среднепечорский карстовый участок площадью 170 км<sup>2</sup>. При геологосъемочных работах здесь установлены карстовые воронки, суходолы, источники и небольшие щелеобразные пещеры в известняках и доломитах карбона и нижней перми. На этом поднятии в глубоких горизонтах бурением вскрыты каверны и выщелоченные трещины; некоторые из них заполнены минеральными новообразованиями гидротермального происхождения [4].

В Западноуральской провинции карстующиеся карбонатные отложения от ордовикского до раннепермского возраста залегают обычно под маломощным чехлом четвертичных осадков, а местами выведены на поверхность. Современный карст развивается здесь наиболее интенсивно [2, 3, 13, 14 и др.].

На западном склоне Печорского Урала выделяется Печоро-Уральский карстовый район, площадь которого превышает 16 тыс. км<sup>2</sup>. Его граница с расположенным южнее Средневишерским районом [11] условно проведена по водоразделу рек Колвы и Уньи. Почти повсеместно встречаются карстовые поля. Плотность карстовых воронок в среднем течении

р. Илыч достигает 20–30 на 1 км<sup>2</sup>, а на некоторых участках она еще больше. Имеется множество карстовых логов и суходолов длиной до 3 км. В руслах многих рек и ручьев обнаружены поноры; величина поглощения воды некоторыми из них составляет 800–1000 м<sup>3</sup>/сут. В береговых обрывах и на склонах оврагов распространены всевозможные формы выщелачивания – от карров и закарстованных трещин до пещер различных размеров и конфигураций. Самые известные среди них: Уньинская – длиной 390 м (правый берег р.Уньи) и Медвежья – длиной 480 м (в логу Иорданского на правом берегу Верхней Печоры); обе они сформировались в девонских известняках [3]. Карстовые полости вскрыты скважинами на различных глубинах.

Многочисленны карстовые источники, в том числе подводные, в руслах рек. Дебиты наиболее крупных источников – 15–21 тыс. м<sup>3</sup>/сут. На р. Малый Шезим (левом притоке р. Илыч) имеется холодный восходящий сероводородный источник.

К северу от описанного района находится Кожимско-Уральский карстовый район, занимающий северную часть Кожимского поднятия. Его общая площадь около 3,8 тыс. км<sup>2</sup>. Карстующиеся породы представлены известняками и доломитами, от силурийских до нижнепермских. Встречены карстовые воронки диаметром до 45–50 м, есть небольшие пещеры и карстовые источники с дебитом до 1700–4300 м<sup>3</sup>/сут [13, 14].

Для Западноуральской провинции характерно глубокое проникновение инфильтрационных вод, что обусловлено высоким гипсометрическим положением территории, сильной дислоцированностью и закарстованностью пород. Так, на площади Большой Аранец (юг Кожимско-Уральского района) даже на глубине 1,4–1,6 км в карбонатных каменноугольных отложениях обнаружены воды с минерализацией 4–6 г/л.

Общая черта всех районов развития современного карста в зоне гипергенеза – преобладание закрытого (русского) и подальлювиального (камского) типов карста. Очень редок голый карст, занимающий весьма ограниченные участки на Урале. Один из таких участков выявлен в долине р. Костью – правого притока р. Илыч (Печоро-Уральский район).

Устанавливается четкая связь между интенсивностью развития современного карста и неотектоническими движениями: все карстовые районы приурочены к площадям активных устойчивых неогеновых и четвертичных воздыманий. Амплитуда

поднятий часто достигает 100 м, а на ряде структур – и в первую на западном склоне Урала – эта величина намного больше.

Приведенные материалы говорят о необходимости изучения карста в юго-восточной части Коми АССР. Практически на всей территории карстовые коллекторы и впадины вмещают различные полезные ископаемые: подземные воды (от пресных питьевых до высокоминерализованных промышленных), залежи нефти и газа, строительные материалы, на некоторых площадях – осадочные бокситы. Отрицательное явление карста на устойчивость территории нужно учитывать при строительстве и эксплуатации в карстовых районах гражданских, промышленных, гидротехнических объектов и водозаборов подземных вод. Ввиду слабой изученности карста необходимо проведение специальных карстологических исследований на участках ведущегося и проектируемого строительства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Быков В. П., Балдина А. Л., Покровский В. А. Палеокарст в карбонатных породах Северного Приуралья. – В кн.: Карст Урала и Приуралья. Пермск. ун-т, 1968.
2. Гидрогеология СССР, т. XLII. Коми АССР и Ненецкий национальный округ Архангельской области. М., Недра, 1970.
3. Гуелицер Б. И., Канивец В. И. Пещеры Печорского Урала. М.; Л., Наука, 1965.
4. Кушнарева Т. И. Нефтеносность фаменских отложений Тимано-Печорской провинции. – В кн.: Геология и нефтегазоносность Северо-Востока европейской части СССР, вып. 2. Сыктывкар, 1972.
5. Лысенин Г. П., Сосновская Г. Д. Обводнение Ижемского гипсового рудника в Коми АССР. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Пермск. ун-т, 1974.
6. Лысенин Г. П., Банников Ю. И. Гидрогеология верхнепалеозойских карбонатных отложений Мичаю-Пашнинского вала в Коми АССР. – В кн.: Матер. по геол. и полезн. ископ. Сев.-Востока европ. части СССР, вып. 8. Сыктывкар, 1976.
7. Лысенин Г. П. Районирование карста на Европейском северо-востоке СССР. – В кн.: Карст Нечерноземья. Пермь, 1980.
8. Любомиров Б. Н. Некоторые особенности карстопроявления на территории Коми АССР. – Тр. ВНИГРИ, вып. 131, геол. сб. № 4. Л., Гостоптехиздат, 1959.
9. Максимович Г. А. Тектонические закономерности распределения карста на территории СССР. – В кн.: Общие вопросы карстования. М., АН СССР, 1962.
10. Максимович Г. А. Распространение и районирование карста СССР. – В кн.: Гидрогеология и карстование, вып. 1. Пермь, 1962.
11. Максимович Г. А., Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958.
12. Максимович Г. А., Горбунова К. А. Типы карста Урала. – В кн.: Типы карста в СССР. М., Наука, 1965.

13. Максимович Г. А., Костарев В. П. Карст складчатого Урала. – В кн.: Карст Урала и Приуралья. Пермск. ун-т, 1968.

14. Родионов Н. В. Карст Европейской части СССР, Урала и Кавказа. М., Госгеолтехиздат, 1963.

15. Торсуев Н. П. Распространение гипсового карста на Тиманском кряже. – В кн.: Гидрогеология и карсговедение, вып. 7. Пермск. ун-т, 1975.

16. Ференс-Сороцкий А. А., Удот Г. Д. Некоторые новые данные о геоморфологической выраженности локальных структур и приуроченных к ним месторождений нефти и газа Тимано-Печорской провинции. – Тр. ВНИГРИ, вып. 339. Л., 1973.

УДК 528.912

А. М. КРОПАЧЕВ  
Пермский университет

## **ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КОРРОЗИОННЫХ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ (В ПОРЯДКЕ ДИСКУССИИ)**

Теоретические исследования и практика геологоразведочных работ, главным образом на нефть и газ, показывают, что коррозионные карстовые процессы проявляются на всех этапах литогенеза [3, 4]. Это свидетельствует о том, что коррозия горных пород протекает генетически в неоднородных условиях под влиянием разнообразных причин. Разнообразие условий и причин требует их систематизации, результатом которой должна стать генетическая классификация коррозионных карстовых процессов. Такая классификация должна быть не только информационной характеристикой, но и средством прогноза [9].

В предлагаемой генетической классификации коррозионных процессов приведена система таксонов, состоящая из трех уровней (рангов). Наиболее высокий уровень – генетическая серия, ниже следует генетическая группа и генетический класс.

В основе выделения генетической серии лежит представление об эндогенных и экзогенных (литогенных) процессах, широко используемое в минералогии и других геологических науках. Предлагаемая классификация включает только коррозионные процессы литогенной серии.

За классификационные признаки генетических групп приняты стадии литогенеза. По этому признаку, согласно принятой автором схеме литогенеза [4], выделяются генетические группы: диагенетическая, катагенетическая, раннего и

позднего гипергенеза (таблица). Генетические группы подразделяются на классы, классификационным признаком которых является состав корродируемых пород. При этом в литологии карстующихся пород отражается механизм коррозии.

В пределах диагенетической группы пока выделен один класс – карбонатный. На стадии диагенеза коррозия карбонатного материала может происходить под влиянием кислых иловых растворов, которые возникают при окислении органического вещества. На больших глубинах причиной растворения карбонатов может быть высокое гидростатическое давление. Растворение карбонатного материала происходит селективно: в первую очередь растворяется арагонитовый материал и тонкие перегородки в раковинах [8].

В катагенетической группе также выделен только карбонатный класс. Растворение карбонатных минералов происходит в зоне формирования хлоридно-натриево-кальциевых рассолов [2]. Кроме того, здесь возможно растворение карбонатов в результате увеличения кислотности глубинных рассолов.

В пределах группы раннего гипергенеза выделены два генетических класса: карбонатный и сульфатный. Основная причина растворения карбонатов – повышение кислотности пластовых вод в пределах углекислого ореола, возникающего при анаэробном окислении углеводов [5]. Другая причина – повышение карбонатной емкости хлоридно-натриевых рассолов при снижении минерализации до 120–140 г/л [4]. Растворение сульфатных пород происходит в пределах ореолов рассеяния окисляющихся углеводородных залежей (анаэробное окисление), в результате которого расходуется сульфат-ион. Нарушение равновесия в системе сульфатная порода– хлоридно-натриевый рассол и является причиной растворения ангидрита. Растворение сульфатов должно происходить и в зоне смены хлоридно-натриевых рассолов сульфатно-кальциевыми.

В группе позднего гипергенеза (выветривания) выделены следующие генетические классы: карбонатный, сульфатный, галогенный, сульфидный и силикатный. Эти процессы описаны в работах Г. А. Максимовича [6, 7]. На стадии позднего гипергенеза коррозионные процессы достигают своего максимального развития. Этому способствуют высокая динамика водной среды, миграция продуктов растворения, повышение кислотности и окислительного потенциала водных растворов, деятельность живого вещества и другие факторы миграции.

В условиях выветривания хорошо растворяются известняки и доломиты. Растворение карбонатов происходит в кислой среде, являющейся результатом почвообразования или окис-

### Генетическая классификация коррозионных карстовых процессов

Серия	Группа	Класс
Литогенная	1) диагенетическая	а) карбонатный
	2) катагенетическая	а) карбонатный
	3) раннего гипергенеза	а) карбонатный б) сульфатный
	4) позднего гипергенеза (выветривания)	а) карбонатный б) сульфатный в) галоидный г) сульфидный д) силикатный

ления сульфидов. Легко растворяются сульфаты – гипс и ангидрит. Коррозии этих пород благоприятствует высокая подвижность среды миграции. Растворению галититов, сильвинитов и карналлитов благоприятствует низкая минерализация водных растворов. Коррозия сульфидов происходит в процессе окисления и деятельности бактерий [1]. Из зоны выщелачивания сернокислыми растворами выносятся все компоненты, за исключением кварца, барита и каолинита. Г. А. Максимовичем [7] описана коррозия кварцитов, кварцевых песчаников и силикатных пород, названная силикатным брадикарстом. Этот процесс наиболее развит в условиях влажных тропиков, где результатом его проявления являются провалы, пещеры и другие карстовые формы.

Предлагаемая генетическая классификация коррозионных процессов не может считаться окончательной. По мнению автора, ее дальнейшее совершенствование должно вестись в направлении создания полной системы коррозионных процессов, включающей процессы коррозии под влиянием пневмато- литовых и гидротермальных растворов. Последние будут составлять эндогенную серию коррозионных процессов. Дальнейшей разработки требует и литогенная серия. Здесь необ-

ходимо дать названия классам и выделить более низкий уровень – подклассы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Апродов В. А. Рудный карст. – В кн.: Общие вопросы карстования. М., АН СССР, 1962.
2. Кропачев А. М. Факторы миграции и осаждения малых (акцессорных) элементов в зоне гипергенеза. Пермск. ун-т, 1973.
3. Кропачев А. М. Процессы формирования карбонатных коллекторов на стадии диагенеза. – В кн.: Гидрогеология и карстование, вып. 4. Пермь, 1973.
4. Кропачев А. М. Исследование динамики процессов литогенеза по малым химическим элементам-индикаторам. Автореф. дис на соиск. уч. степ. докт. геол.-минер. Наук. Пермь, 1975.
5. Кропачев А. М. Нефтепоисковое значение геохимической информации – Нефтегазовая геология и геофизика, 1977, № 6.
6. Максимович Г. А. Основы карстования, т. 1. Пермь, 1963.
7. Максимович Г. А. О силикатном брадикарсте тропической зоны. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Пермск. ун-т, 1975.
8. Чилингар Дж. В., Биссел Вольф. Диагенез осадочных образований (карбонатных) – В кн.: Диагенез осадочных образований. М., Мир, 1971.
9. Шарапов И. П. О геологических классификациях. – В кн.: Вопросы геологии Приуралья и Зауралья. Пермск. политехи, ин-т, 1966.

УДК 553.556

В. К. Кокаровцев

Пермский политехнический институт

### **ПРОБЛЕМА НОМЕНКЛАТУРЫ НЕМОРСКИХ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

Неморские биохимические карбонаты – голоценовые и древние субаэральные и субаквальные породы, образовавшиеся у выходов различных источников, в озерах, старицах, реках, пещерах и почве [39]. Для них характерна весьма запутанная, неупорядоченная терминология, основными недостатками которой являются: 1) многозначность и неопределенность ряда терминов (в первую очередь таких распространенных, как известковый туф и травертин), 2) неправильное или неудачное применение терминов (известняк, мергель, мел – для наименования рыхлых карбонатных осадков, сапропель, гиттия – для обозначения неорганических отложений), 3) обилие синонимов для озерных, почвенных и флювиальных отложений.

Для обозначения только озерных рыхлых карбонатных осадков



используют термины: озерная известь, луговая известь, гажа, мергель, пресноводный мергель, известковый мергель, торфяной мергель, болотный мергель, озерный мел, болотный мел, известковый туф, карбонатный туф, торфотуф, травертин, известняк, пресноводный известняк, озерный известняк, раковистый известняк, сапропель, гиттия и др. Многие из приведенных терминов применяют для наименования родниковых, болотных и почвенных образований, что делает необходимым проанализировать термины и установить возможность их использования.

Неудовлетворительное состояние терминологии неоднократно отмечалось русскими, советскими и зарубежными исследователями [2, 10, 11, 23, 33, 38, 39, 40, 51]. Неупорядоченность номенклатуры неморских карбонатных отложений становится все более нетерпимой, учитывая их широкое географическое распространение, научное, эстетическое и практическое значение, все более возрастающие в связи с исследованиями и использованием карбонатов в народном хозяйстве [2, 28, 29, 46, 47].

В различных справочниках, словарях, учебных пособиях, статьях и рефератах нами зафиксировано употребление пятидесяти терминов для обозначения Источниковых, болотных и озерных отложений и более десяти терминов – для наименования почвенных образований (табл. 1). В большинстве своем термины так или иначе отражают либо генетический и литологический состав пород, либо их местонахождение, реже – другие признаки. При этом значения, генетические и литологические объемы одних и тех же терминов весьма различны, а иногда и прямо противоположны в понимании разных исследователей. Поэтому по литературным данным мы выделили «терминологические типы» отложений (табл. 2), с тем чтобы можно было сопоставлять значение различных терминов и выявить термины, используемые для обозначения четко разграниченных типов пород.

«Терминологические типы» увязаны нами с генетическими и литогенетическими типами пород (табл. 2). Так, 1-й терминологический тип – связные отложения холодных и термальных источников, 6-й – связные и рыхлые отложения холодных источников и т. д., за исключением типов 4, 8 и 9, требующих пояснения, так как они нечетко охарактеризованы в литературе, 4-й тип – связные отложения минеральных источников, например, углистых и других [34, 36, 42] и источников вообще, без указания их природы и характера, 8-й – отложения источников (химические отложения холодных и горячих источников, без указания характера отложений, рыхлые и твердые химические осадки, без указания типов источ-



ников [30]), 9-й – химические и биохимические осадки из иод, без указания характера отложений и уточнения среды осадкообразования [24]. Сопоставление «терминологических типов» с генетическими и литогенетическими позволило установить, что 2, 3, 6, 7-й и 12–14-й типы соответствуют определенным литологическим типам отложений; 1, 5 и 11-й типы объединяют разные по генезису породы, а 4, 8, 9 и 10-й типы являются неопределенными. Отсюда, в частности, следует, что термины 1, 4, 5, 8–11 «терминологических типов» не могут быть применены для наименования литологических и литогенетических типов пород, не вызывая при этом путаницы. Рассмотрим известные термины с точки зрения соответствия их требованиям научной терминологии, прежде всего однозначности и точности.

Травертин. В группу входит тринадцать терминов, основные из них – травертин, травертино, сыпучий травертин [52] и травертиновый туф [46]. Часть терминов – синонимы и почти не используются самостоятельно (известковая накипь [1], известковый натек [39], туфовый камень [39], тибуртинский камень [1]). Остальные термины отражают литологические разновидности или текстурно-структурные особенности пород, а также их местные названия. Так, литоидный туф (туфовый камень) и зернистый туф – это местные названия итальянского травертина [39], мраморный оникс, по А. Г. Бетехтину [3], – «замечательные по рисунку тонкополосчатые полупрозрачные плотные разности» травертина, образующиеся при отложении из горячих источников, мексиканский оникс, по Трoutу, – слоистые разновидности травертина, отложившегося на ровных поверхностях [39], мраморы, по Э. Рютте, – крупнокристаллические разновидности пород, отложившихся из вод термальных источников (мелкокристаллические он называет травертинами) [1].

Хотя термин травертин разными исследователями трактуется по-разному, наиболее широкое распространение он получил при определении источниковых, реже почвенных, образований. Ряд исследователей применяет этот термин для обозначения «всех биохимических континентальных отложений в озерах, реках, источниках и карстовых полостях» [39]. Необходимо, однако, подчеркнуть, что и у исследователей первой группы нет единого мнения, так как одни именуют травертинами только связанные отложения холодных и термальных источников [1, 35, 36, 45, 54], другие – лишь отложения термальных источников [4, 5, 6], третьи – отложения холодных источников, цементированные [12], рыхлые [14] и проч. Причем термины травертин и известковый туф выступают то как синонимы [8, 17, 31, 42], то как антонимы [35], а в некоторых случаях служат для обозначения определенных петрографических и других

разновидностей карбонатных отложений. Таким образом, термин травертин, ввиду его исключительной многозначности и неопределенности, не может быть рекомендован для использования в дальнейшем. Однозначным явля-

Таблица 2

Типизация неморских карбонатных отложений (группа биохимических отложений)

ГЕИСТИЧЕСКИЙ ТИП	УСЛОВИЯ СРЕДЫ		ХАРАКТЕР ОТЛОЖЕНИЙ	ЛИТОГРАФИЧЕСКОЕ ПОДАРОД	НАЗВАНИЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ И ДАТО ГЕИСТИЧЕСКИХ ПОДТИПОВ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД	ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ ОТЛОЖЕНИЙ И ИХ НОМЕРА													
	ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Флювиальный (источниковый)	СУБАРКАЛЬНЫЕ	ХОЛОДНЫЕ	РЫХЛЫЕ	А	ТИБУРТИН (СПУЗЧИЙ)														
		ТЕПЛЫЕ	СВЯЗНЫЕ			ТИБУРТИН													
БОЛОТНЫЙ	СУБАРКАЛЬНЫЕ	ХОЛОДНЫЕ	РЫХЛЫЕ	В	ТУФОЛИТ														
		ТЕПЛЫЕ	СВЯЗНЫЕ			АКВАКАЛЬК													
ОЗЕРНЫЙ	СУБАРКАЛЬНЫЕ	ХОЛОДНЫЕ	РЫХЛЫЕ	С	АЛЬМ, ГАЖА														
		ТЕПЛЫЕ	СВЯЗНЫЕ			ГАЖА АЛЬМ													
ПОЧВЕННЫЙ	СУБАРКАЛЬНЫЕ	ХОЛОДНЫЕ	РЫХЛЫЕ	D	ЛИМНОКАЛЬЦИТ ЛИМНОПОЛИИТ														
		ТЕПЛЫЕ	СВЯЗНЫЕ			КАНКАР (КАЛИЧЕ)													

ется термин травертиновый туф, но применение его нежелательно потому, что он состоит из двух слов, а слово туф многозначное.

Известковый туф. Группа объединяет двенадцать терминов, из которых самостоятельное значение имеют известковый, известковистый [45], карбонатный [13, 25, 26], источниковый туф [23] и Са-туф [58]. Ряд терминов характеризует литологические, в частности петрографические особенности пород: дендритовый известковый туф – порода с дендритовой структурой [1], литоидный известковый туф – «плотный известковый туф с афанитовой структурой» [1], онисовый мрамор – неокрашенная полосчатая разновидность известкового туфа» [39], торфотуф – торф, обогащенный карбонатом кальция [2], или озерно-болотные заторфованные карбонатные отложения [20], известковая мука – «рыхлая разновидность известкового туфа» [1]. Под известковыми туфами понимаются самые различные неморские карбонатные отложения: биохимические источни-

Таблица 3

**Литогенетическая терминология карбонатитов**  
(группа биохимических отложений)

Термин	Основная характеристика	Группы и типы (подтипы) отложений
Карбонатиты	Осадочные неморские карбонатные отложения, включающие в себя группы хемогенных (кальцит и канкар), пластических и хемогенно-кластических пород (известковая и доломитовая мука, щебень, глыбы, галька, фангломераты, эолианиты др.). Г. А. Максимович, В. К. Кокаровцев, 1977	Биохимическая хемогенно-кластическая
Кальцит:	Общий термин для обозначения разновидностей биохимических карбонатных отложений флювиального источникового, болотного и озерного типов. Его применение оправдано также для наименования отдельных разновидностей этих пород, с неясным генезисом. А. А. Костко, 1972, с уточнениями автора	A–F
– тибуртин	(от лат. <i>tiburtino</i> , камень из Тибура) – отложения карбоната кальция из вод различных термальных источников и потоков, связанных с вулканической деятельностью и образующих покровы, конусы, вулканоподобные купола, «водопады», «плотины», «колонны», шпрудельштейны, инкрустации по растительным остаткам, раковинам и пр. Выделяются две разновидности: тибуртин (связные, пористые и плотные зернистые разности) и сыпучий тибуртин (рыхлые, зернистые и комковатые образования). Г. А. Максимович, В. К. Кокаровцев, 1977	A
– туфолит	Отложения карбоната кальция из вод холодных источников, представленные плотными, пористыми,	

Продолжение таблицы 3

Термин	Основная характеристика	Группы и типы (подтипы) отложений
	ячейстыми, ветвистыми и т. п. образованиями, тяготеющими в основном к зонам разгрузки подземных вод, расположенные на склонах и днищах долин, в оврагах, обрывах, реже в озерах, реках и других водоемах. Г. А. Максимович, В. К. Кокаровцев, 1977	В
– аквакальк	(аква – вода, calx – известь) – отложения карбоната кальция из вод холодных источников, представленные рыхлыми, зернистыми и комковатыми слабосвязными образованиями. Г. А. Максимович, В. К. Кокаровцев, 1977	
– гажа (карбонатная)	Рыхлая, рассыпчатая, порошкообразная масса углекислого кальция, отложенная в болотно-озерных водоемах, обычно мелко- и тонкозернистая, тестообразная во влажном состоянии и рассыпающаяся, как песок, при высыхании. Содержание $\text{CaCO}_3$ в гаже 50–100, примесей – 0–50 %. В зависимости от состава и количества примесей она может быть алевроитовой, песчаной, глинистой, торфяной и т. п. Геологический словарь, 1960, 1973, с уточнениями автора.	D, C
– альм	Рыхлые отложения, представленные смесью карбоната кальция, песчаноглинистого материала и торфа (каждого компонента от 0 до 50 %). Образуется в озерно-болотных условиях. Геологический словарь, 1973, с уточнениями автора	C, D
– лимнокальцит	Связные, сцементированные, не рассыпающиеся при высыхании озерные отложения карбоната кальция	F

Термин	Основная характеристика	Группы и типы (подтипы) отложений
	(по внешнему виду похож на морские известняки, мергель или мел), массивные, плотные, землистые, мелоподобные, сланцеватые или пористые. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, 1963	F
– лимнодоломит	Связные, сцементированные озерные отложения, аналогичные по строению лимнокальциту, но по составу представленные доломитом. Лимнокальцит и лимнодоломит образуют группу лимнокарбонатов. В. К. Кокаровцев, 1977	
Канкар	Общий термин для образования всех разновидностей карбонатных почвенных образований, сложенных желваками, конкрециями, корками, натеками, выцветами и т. п. G. R. Heath, 1966	15

ковые, озерные, болотные и почвенные. Широко распространено представление об известковых туфах как связанных отложениях холодных и горячих источников [1, 3, 8, 17] и вообще Источниковых образованиях [18, 33, 36, 39, 42, 45, 55]. Большая группа исследователей именуется известковыми туфами рыхлые и связные отложения только холодных источников [2, 6, 11, 34] в противоположность, например, Г. А. Макдоналду и Р. С. Бойтону, которые считают известковым туфом отложения горячих источников [5, 27]. Не менее представительным оказался круг исследователей, называющих известковым туфом комплекс карбонатных отложений, включающих связные и рыхлые отложения холодных источников и рыхлые болотно-озерные карбонатные осадки [1, 4, 7, 13, 19, 20, 21, 28, 47].

Не без основания еще А. П. Нечаев отмечал в дополнениях к «Истории Земли» М. Неймайра [33], что «под именем туфов разумеют обыкновенно породы, образовавшиеся из вулканических материалов; поэтому выражение «известковый туф» неправильно, но оно так укоренилось в языке, что избежать-

его употребления немислимо. И все-таки анализ значений (табл. 1) убеждает в невозможности его дальнейшего употребления и качестве литогенетического термина.

Гажа. Термин давно применяется в северно-западных районах РСФСР для обозначения рыхлых озерно-болотных осадков [6, 9]. В этом же значении он дан в Геологическом словаре [8]. В последнее время при описании голоценовых известковых отложений Средней полосы Европейской части СССР термин гажа использован Т. Д. Бартош [2] вместо ранее применявшегося ею для этих целей термина «озерная пресноводная известь». И. Я. Даниланс [11], указав на то, что этим термином обозначают известковые отложения озерного происхождения и рыхлые гипсово-глинистые породы, а также промышленный продукт (обожженный глинозем), отверг термин «в силу многочисленности понятий». Мы полагаем, что за неимением лучшего, термин гажа можно использовать, но целесообразно его уточнение – гажа карбонатная и гажа гипсовая.

Альм. Согласно определению Геологического словаря [8] это «известковый озерный туф с большим или меньшим содержанием органического вещества». Термин применяется в южных частях ФРГ и ГДР для обозначения озерных известковых отложений с примесью кремнекислоты и органики [50]. Очевидно, альмом можно называть торфяно-алеврито-карбонатные отложения.

Сапропель. Сапропель (син. гиттия) – органо-минеральные отложения озерных водоемов, где органическое вещество образуется преимущественно за счет продуктов распада живущих в воде растительных и животных организмов. Сапропель в свежем виде представляет собой жирную желеподобную массу, твердеющую при высыхании [8, 22, 37]. Согласно приведенному определению термин сапропель нельзя применять для обозначения карбонатных озерных и болотноозерных осадков, как это делают некоторые исследователи [38, 59].

Для обозначения смешанных сапропелево-карбонатных озерных отложений, с содержанием сапропеля от 15 до 50 %, обычно рекомендуется термин известковистый сапропель [8, 22], хотя более правильным было бы такие осадки именовать сапропелистой или сапропелевой гажей.

Известь. Это третий по распространенности (после известкового туфа и травертина) термин для обозначения рассматриваемых образований. Группа включает семь терминов, из них наиболее часто используемыми являются озерная известь и пресноводная известь. В Прибалтике наиболее широкое распространение получили термины «пресноводные послеледниковые (голоценовые) известковые



отложения» [10, 11], «пресноводные известковые отложения» [2] (описательные термины для всех разновидностей рассматриваемых пород) и их сокращенный вариант «пресноводная известь». Однако пресноводная известь – термин не совсем удачный не только потому, что известью называют промышленный продукт обжига карбонатных пород [11] или природный минерал состава СаО, но главным образом потому, что он имеет узкий диапазон применения: во-первых, только для голоценовых, а во-вторых, только для пресноводных отложений. Между тем образование рассматриваемых отложений могло происходить также, с одной стороны, в доголоценовое время, с другой – в солонатоводной обстановке.

Рыхлые озерные осадки карбоната кальция нередко называют озерной известью, или озерной пресноводной известью. В ряде руководств и справочников озерная известь рассматривается как разновидность гажи [6, 16, 17, 44]. Как отмечал И. Я. Даниланс [11], ключевой известью изредка называют отложения источников (ключей). Термин луговая известь иногда применяется для обозначения залегающих на лугах различных по генезису отложений, но чаще он является синонимом гажи [1, 32]. Употребление терминов луговая и болотная известь вызывает справедливые возражения, так как они указывают не на генезис, а на место залегания отложений [11]. В целом все термины со словом известь являются нежелательными для употребления в силу их громоздкости и неточности.

Мергель. Термин довольно часто используется в СССР и за рубежом для обозначения в основном рыхлых болотноозерных отложений различного литологического состава. Группа мергеля объединяет восемь терминов, два из них – синонимы. Пресноводный мергель – рыхлый, порошкообразный озерно-болотный СаСО<sub>3</sub>, с глинистыми примесями более 30 % [8]. Ряд авторов используют термины пресноводно-озерный мергель [12] и озерный мергель [1, 8, 32], причем он трактуется то как глинистая разновидность гажи [8] или глинистая разновидность альма [8], то как синоним термина гажа [1]. Термин Marl (мергель) часто используют зарубежные специалисты, особенно пишущие на английском языке. Причем под мергелем они понимают либо глинисто-карбонатные нецементированные грунты, либо мягкие рассыпчатые глины, не смешивающиеся с известью, либо рыхлые глинисто-карбонатные и чисто карбонатные озерные осадки [4, 40, 49, 52, 56, 60]. Термины луговой мергель, определяемый как синоним

термина гажа [1, 36], и известковый мергель – как луговой известняк [37], и вовсе неудачны. Термин мергель, применяющийся для характеристики отдельных разновидностей неморских карбонатных отложений, неоднократно подвергался критике со стороны советских и зарубежных исследователей [11, 23, 38, 40]. И. Я. Даниланс [11] предлагал, например, существенно сузить область употребления этого термина, поскольку пресноводными, озерными, луговыми и т. п. мергелями часто обозначают известковые отложения с весьма незначительным количеством глинистых примесей (менее 5 %), что противоречит нашим представлениям о мергеле как глинистокарбонатной породе, не говоря уже о том, что под мергелем принято понимать не рыхлый осадок, а связную породу. Мы предлагаем вообще отказаться от употребления этого термина.

Мел. В группу мела входит два термина – озерный мел и болотный мел. Одни исследователи называют мелом рыхлые рассыпчатые озерные осадки карбоната кальция, другие – слабо сцементированные породы. В Геологическом словаре [8] термин мел определен как синоним гажи. По Д. В. Наливкину [32], гажа представляет собой полный аналог лугового или озерного известняка (озерного мела). Академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг [36] считает озерный мел разновидностью лимнокальцита, представляющей собой нежный аморфный известняк. Встречаются и другие определения, когда мел рассматривается как слабо сцементированная известь [1, 32]. Поскольку под мелом принято понимать белую маркую полусвязную породу, состоящую из кальцитовых остатков планктонных водорослей и образовавшуюся в водах теплых морей [8], мы присоединяемся к ранее высказанному мнению ряда специалистов [11, 23] о нецелесообразности использовать термин озерный мел, а тем более болотный мел для обозначения озерных и других разновидностей неморских карбонатных отложений.

Известняк. Эту группу образуют четыре термина, из них два – пресноводный известняк и озерный известняк – являются наиболее часто используемыми. Термин пресноводный известняк, согласно Геологическому словарю [8], – синоним термина гажа, а по определению Петрографического словаря [36] – синоним термина лимнокальцит, т. е. в одном случае известняками называют рыхлые сыпучие осадки, в другом – литифицированные породы. И. К. Савицкас [38] термин пресноводный известняк применяет вместо термина известь «в качестве общего названия для твердых и рыхлых разновидностей природного  $\text{CaCO}_3$ ». В последнем значении термин используют некоторые зарубежные исследователи [53]. Озерным известняком Д. В. Наливкин [32] называет твердую, более

уплотненную, чем озерный мел, породу, которая отличается от морской лишь по фауне. Очевидно, в этом же значении термин озерный известняк используют некоторые зарубежные исследователи, например, Коллэ и Пиа [32].

Весьма неопределенно трактуется термин луговой известняк: то как «разновидность лимнокальцита в верхних частях моховых болот» [36], то как «мергель озерного происхождения, содержащий пресноводную фауну и остатки растений» [1], то как известковый мергель, представляющий собой беловатую или сероватую массу  $\text{CaCO}_3$  [37], то как известняк, отложившийся в озерах, впоследствии высохших и покрытых сверху лугом [32], или является синонимом термина гажа [8]. Известен еще один неудачный термин – раковистый известняк, обозначающий осадок, который состоит «из обломков раковин пресноводных моллюсков» [37]. В целом термин известняк следует признать непригодным для обозначения рыхлых несвязных осадков.

Лимнокальцит. Термин описан академиком Ф. Ю. Левинсон-Лессингом в Петрографическом словаре [36]. Им обозначен «разнообразно окрашенный известняк, землистый, плотный, сланцеватый или пористый, богатый пресноводными раковинами и остатками растений». Однако имеются случаи толкования термина как синонима гажи, или озерной извести, т. е. рыхлых рассыпчатых озерно-болотных осадков [1, 8, 11]. Такие значения противоречат определению, впервые данному акад. Ф. Ю. Левинсон-Лессингом.

Каль кит. Выше отмечалось, что в качестве общего генетического термина для неморских карбонатных (или голоценовых Источниковых, болотных и озерных) отложений различные исследователи используют термины травертин, известковый туф и пресноводная известь. Однако эти термины либо многозначны и поэтому весьма неопределенны, либо неудачны и громоздки. Поэтому «для обозначения всех разновидностей голоценовых пресноводных известковых отложений озерного, болотного и источникового типов» А. А. Костко [23] предложила новый термин – калькит. Этот термин можно применять, как нам представляется, шире, не ограничиваясь определением голоценового возраста пород.

Почвенные карбонатные образования. Скопления карбоната кальция в почвах отмечены в виде тонкозернистого материала, желваков, конкреций, корок, выцветов и т. п. Проблему номенклатуры почвенных карбонатных образований затрагивали многие исследователи [33, 39, 40, 43, 51,

57, 61]. Мы ограничимся лишь кратким обзором основных терминов. За рубежом наиболее распространенными терминами являются [51]: известковые корки (calcareous crust) – термин, которым пользуются европейские геологи, кроме английских; каличе (caliche) – в Северной Америке и неохотно в Южной Америке, где он означает также почвы и отложения, обогащенные натриевой селитрой; туф или травертин – в США и Австралии; калькрет – в Южной Африке и Австралии; канкар (kankar) – употребляют индийские геологи, пишущие по-английски, нари (nari) – для обозначения разновидности каличе, образующейся в срединноморской климатической зоне.

В СССР среди почвенных карбонатов различают [41]: «сединку» («карбонатная плесень», «иней») – слабые налеты мелкокристаллических карбонатов, псевдомицелин (мицелий, лжемицелий, лжегрибница, прожилки) – нитевидные выделения или в виде тонких трубочек, бородки – натежные формы на нижней поверхности камней в виде бугристых пленок и корочек, пропитка – мелкокристаллические выделения карбонатов, равномерно или пятнами пропитывающие почву, конкреции – стяжения, заполняющие поры и пустоты, среди них различают белоглазку (слабощементированные стяжения, выделяющиеся в разрезе в виде пятен, «глазков» диаметром 1–2 см) и журавчики (желваки, жерства, лессо-вы куклы, дутики – плотные твердые конкреции, иногда полые внутри).

Наиболее распространенным общим генетическим термином для почвенных карбонатных образований следует признать каличе, а наиболее удачным – канкар, употребление которого с определениями «пылеватый», «желваковый», «слоистый» и другими дает как описательную, так и генетическую информацию [51].

### Заключение

Обзор номенклатуры биохимических карбонатных отложений показал, необходимость радикального упорядочения терминологии путем использования четких однозначных терминов и изъятия из употребления неопределенных, многозначных и неправильных терминов [15]. Терминология неморских карбонатных отложений, нам представляется, должна базироваться на литогенетической основе (табл. 2.). При этом считаем необходимым подчеркнуть, что комплекс рассматриваемых пород целесообразно именовать неморскими карбонатными отложениями, будь то голоценовые или более древние,

образовавшиеся в условиях как пресноводной, так и солоноватоводной среды. Попытка некоторых геологов ввести еще один новый термин «континентальные карбонатные отложения» представляется неоправданной, поскольку континентальными могут быть и морские осадки, образовавшиеся в зоне шельфа и во внутриконтинентальных морях. Однако целесообразно сложный описательный термин неморские карбонатные отложения заменить на однословный термин – карбонатиты (по аналогии с карбонатными морскими и карбонатитами – изверженными карбонатными породами).

Предлагаемая терминология биохимических карбонатитов разработана нами (Максимович, Кокаровцев, 1978) с максимальным использованием употребляемых в настоящее время терминов, удовлетворяющих требованиям научной терминологии. Термины кальцит, гажа, альм, лимнокальцит, канкар заимствованы из литературных источников, но с некоторыми нашими поправками, остальные предлагаются впервые. Согласно литогенетической терминологии (табл. 3), в целом неморские карбонатные отложения осадочного генезиса называют карбонатитами, все флювиальные, болотные и озерные – кальцитом, почвенные образования – канкаром (каличе). В кальците различают отложения термальных источников – тибуртин (с декоративной разновидностью – мраморным ониксом), холодных источников – аквакальк (рыхлые) и туфолит (цементированные), рыхлые озерные отложения – гажа (существенно карбонатные) и альм (терригенно-торфяно-карбонатные), цементированные озерные известняки и доломиты – лимнокальцит и лимнодоломит. На стадии слабой изученности литологического состава и генетической принадлежности тех или иных разновидностей кальцита их целесообразно называть этим же термином.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас текстур и структур осадочных горных пород. Часть 2. Карбонатные породы / Под ред. Х. В. Хабакова. М., Недра, 1969.
2. Бартош Т. Д. Геология и ресурсы пресноводных известковых отложений голоцена. Средняя полоса Европейской части СССР. Рига, Зинатне, 1976.
3. Бетехтин А. Г. Минералогия. М., Госгеолиздат, 1950.
4. Биссел Г. Д., Чилингар Д. В. Классификация осадочных карбонатных пород. – В кн.: Карбонатные породы, т. I (Науки о Земле). М., Мир, 1970.
5. Бойтон Р. С. Химия и технология извести. М., Стройиздат, 1972.
6. Виноградов С. С. Оценка месторождений при поисках и разведке, вып. 9. Известняки. М., Госгеолиздат, 1951.
7. Воскресенский В. К. Кропачев А. М., Кутергин А. М. О химическом составе известковых туфов Чагинского, Пермско-Сергин-

- ского и Березовского районов Пермской области. – Уч. зап. Пермск. ун-та, т. 14, вып. 1, 1959.
8. Геологический словарь, т. 1–2. М., Недра, 1973.
  9. Григорович М. Б., Блоха Н. Т. Словарь по минеральному сырью для промышленности строительных материалов. М., Недра, 1976.
  10. Даниланс И. Я. Голоценовые пресноводные известковые отложения Латвии. Рига, изд. АН Латв. ССР, 1957.
  11. Даниланс И. Я. О терминологии и классификации послеледниковых пресноводных известковых отложений и их залежей. – В кн.: Материалы по изуч. пресноводн. известк. отл. 1. Рига, изд. АН Латв. ССР, 1959.
  12. Дир У. А., Хаун Р. А., Зусман Дж. Породообразующие минералы, т. 5. Несиликатные минералы. М., Мир, 1966.
  13. Ежов Ю. А., Лукина В., Афанасенко Г. С. Некоторые результаты исследования углекислых вод и карбонатных туфов Юрюзано-Сылвинской депрессии. – Ежегодник 1971 УНЦ АН СССР. Свердловск, 1972.
  14. Емельянов Г. Н. К вопросу о травертинах Предуралья. – В кн.: Вопросы изучения и использования известковых туфов. Пермь, 1973.
  15. Ефремов Ю. К. Формирование научной терминологии и обмен географической информацией. – Изв. Всес. геогр. об-ва, 1971, № 4.
  16. Известкование кислых почв. / Под ред. Н. С. Авдонина, А. В. Петербургского, С. Г. Шедерева. М., Колос, 1976.
  17. Известковый туф. – БСЭ, т. 10, изд. 3-е. М., Советская энциклопедия, 1972.
  18. Иконников Е. А., Крутов В. М. Кластокарстовые явления в северной части Юрюзано-Сылвинской депрессии и их гидрогеологическое значение. – В кн.: Гидрогеология и карстоведение, вып. 4. Пермь, 1971.
  19. Каменский Г. Г. Известняки, мергели, известковые туфы и гипсы Свердловской области. Свердловск, 1937.
  20. Кокаровцев В. К. Основные геолого-гидрогеологические факторы формирования месторождений известковых туфов в голоцене. – В кн.: Гидрогеология и карстоведение, вып. 7. Пермь, 1975.
  21. Кокаровцев В. К., Шестов И. Н. Роль трещинно-карстовых вод в образовании известковых туфов и пресноводной извести в Пермском Прикамье. – В кн.: Гидрогеология и карстоведение, вып. 5. Пермь, 1974.
  22. Кордэ Н. В. Биостратификация и типология русских сапропелей. М., изд. АН СССР, 1960.
  23. Костко А. А. Классификация пресноводных известковых отложений голоцена. – В кн.: Вопросы геологии антропогена, вып. 2. М., Недра, 1972.
  24. Костоя И. Минералогия (Науки о Земле). М., Мир, 1971.
  25. Кропачев А. М., Кропачева Т. С. Геохимические особенности и микроэлементы в карбонатных туфах восточной окраины Русской платформы. – В кн.: Вопросы изучения и использования известковых туфов. Пермь, 1973.
  26. Лукин В. С. Условия отложения карбонатных туфов в областях сульфатного карста. – В кн.: Вопросы изучения и использования известковых туфов. Пермь, 1973.
  27. Макдоналд Г. А. Вулканы (Науки о Земле). М., Мир, 1975.
  28. Максимович Г. А. Известковые туфы и их место в карбонатном литогенезе. – В кн.: Вопросы изучения и использования известковых туфов. Пермь, 1973.

29. Максимович Г. А. Основы карстоведения, т. I–II. Пермь, 1963–1969.
30. Меренков Б. Я., Муратов М. В. Неметаллические полезные ископаемые. М., Свердловск, Госгеолгиздат, 1942.
31. Мидовский А. В. Минералогия и петрография. М., Недра, 1973.
32. Наливкин Д. В. Учение о фациях, т. II. М.; Л., изд. АН СССР, 1956.
33. Неймайр М. История Земли / Перев. со 2-го немецк. изд. с дополн. по геологии России В. В. Ламанского и А. П. Нечаева / Под ред. А. А. Иностранцева. СПб, 1902.
34. Общая геология / Под ред. Г. Д. Ажгиря, Г. П. Горшкова, Е. В. Шанцера. М., Просвещение, 1974.
35. Ор Э. Геология, т. I. Геологические явления. М., Л., НТИ, 1932.
36. Петрографический словарь. / Сост. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг и Э. А. Струпе. М., Геогеолтехиздат, 1963.
37. Разведка торфяных месторождений. Методическое руководство. М., Недра, 1966.
38. Савидка с И. К. Некоторые итоги исследований пресноводных известняков в Литовской ССР с целью использования их в качестве известкового удобрения. – В кн.: Материалы по изучен. пресноводн. известк. отл. I. Рига, 1959.
39. Сендерс Дж. И., Фридмен Дж. М. Происхождение и распространение известняков. – В кн.: Карбонатные породы, т. I (Науки о Земле). М., Мир, 1970.
40. Словарь общегеографических терминов, т. 1–2. М., Прогресс, 1975–1976.
41. Толковый словарь по почвоведению. М., Наука, 1975.
42. Травертин. – В кн.: Краткая географическая энциклопедия, т. 4 / Под ред. А. А. Григорьева. М., Советская энциклопедия, 1964.
43. Фейрбридж Р. В. Значение известняков и их CaO/MgO отношения для палеоклиматологии. – В кн.: Проблемы палеоклиматологии (Науки о Земле). М., Мир, 1968.
44. Халлик О. Г. Пресноводные известковые отложения южной Эстонии и их агрономическая оценка. – В кн.: Материалы по изуч. пресноводн. известковых отл. I. Рига, изд. АН Латв. ССР, 1959.
45. Чарыгин М. М. Общая геология. М., Гостоптехиздат, 1956.
46. Чихачев П. Испания, Алжир, Тунис. М., Мысль, 1975.
47. Шабунина В. П., Кокаровцев В. К. Известковые туфы Пермской области как сырье для известкования кислых почв. – В кн.: Геология месторождений полезных ископаемых Урала и новые методы их изучения. М., 1974.
48. Ba luk A. Występowanie i wykorzystanie kredy jeziornej na Po- jeziorzu Kaszubskim. – Przegl. geol., 1967, 15, N 2.
49. Chudecki Z. Charakterystyka pokladów marglu nad jeziorem Miedwie. – Roczn. gleboznawcze, 1960, 9, Dod.
50. Gehi O. Seekreide, ein wenig beachteter Rohstoff von örtlicher Bedeutung für Land- und Bauwirtschaft. Z. angew. Geol., 1959, 5, N 2.
51. Heath G. R. Carbonate nodules formed in soil profiles. The nomenclature problem. – Austral. J. Sei., 1966, 298, N 10.
52. Klement K. Prirodni vapenata mineralni hnojiva. – Geol. pruz- kum, 1965, 7, N 5.
53. Kovanda J. Kvarterni siadkovodni vapence Ceskoslovenska – suroviny pro zemedelstvi, prumysl a export. – Geol. pruzkum, 1964, 6, N 12.
54. Lapparent A. F. de. Les depots de travertins des montagnes afghanes a l'Ouest de Kaboul. – Rev. geogr. phys. et geol. dynam., 1966, 8, N 5.

55. Linek G., Jung II. Grundris der Mineralogie und Petrographie. Dritte Auflage. Veb. Gustav Fischer verlag. Jena, 1960.
56. Moxham R. M., Eckhart R. A. Marl deposits in the Knik Arm area Alaska. Geol. Survey Bull., 1956, N 1039-A.
57. Sanders C. C. Calcrete in Western Australia. – Geol. Surv. West. Aust. Annu. Rept 1973. Extr. Rept. Dep. Mines. Perth, 1974.
58. Sondhi V. P. Limestone deposits in India, their distribution, quality and extent. Indian Constr. News, 1958, 7, N 3.
59. Stasiak J. Charakterystyka gytii wapiennej zloza Kruklin. Roczn. nauk. roln/, 1966, A 92, N 3.
60. Terlecky P., Michae1 Ir. The origin of a Late Pleistocene and Holocene niarl deposit. – I Sediment. Petrol., 1974, 44, N 2.
61. Yaalon D. H., Singer S. Vertical variation in strength and porosity of calcrete (nari) on chalk, shefela, Israel and interpretation of ist origin. – J. Sediment. Petrol., 1974, 44, N 4.

УДК 551.44(470.57)

В. И. МАРТИН  
ЗапУралГИСИЗ

Л. Н. УСОЛЬЦЕВ  
БашНИПИнефть

### **ОПЫТ МНОГОЛЕТНЕГО ИЗУЧЕНИЯ КАРСТОВОГО ПРОВАЛА В г. УФА**

25 ноября 1965 г. на территории Республиканского противотуберкулезного диспансера в Старой Уфе произошел карстовый провал. В результате образовалось провальное углубление размером 4,5×3,5 м (рис. 1, 2). Глубина его 5–6 м. При провале была разорвана труба водопровода и вода заполнила углубление. Высота обрывистых берегов над уровнем воды составляла 0,2 м. Два дерева, росшие на месте образовавшегося углубления, оказались на его дне. Обвалы стенок углубления продолжались и на второй день. Диаметр провала увеличился до 6–7 м. В результате обрушилась кирпичная стена кухни диспансера. На третий день углубление было ликвидировано путем заброски бетонными балками весом по 5 т каждая (12 штук) и глиной с гравием объемом 70–80 м<sup>3</sup>. В мае 1966 г. на месте засыпанного углубления наблюдалось образование нового небольшого провала диаметром 0,5 м и глубиной 1,5 м, который сразу засыпали.

Для выяснения геолого-гидрогеологических условий района провала и оценки устойчивости окружающей территории с декабря 1965 г. по март 1966 г. Башгидростанцией Башкирского ТГУ (руководитель В. И. Мартин) был проведен комплекс работ по программе, включающей бурение скважин, электрокартаж, пробные откачки, химические анализы подземных вод и наблюдения за их режимом, а также обследо-



вание района и опрос очевидцев не только нового, но и прежних провалов.

В районе провала геологический разрез (рис. 3) представлен суглинками, супесями и глинами четвертичного возраста,

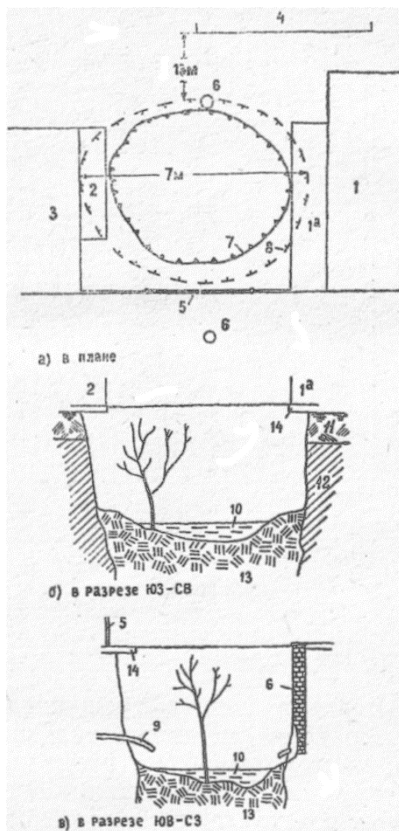


Рис. 1. Общий вид провального углубления:

1 – кухня диспансера с прибором (а); 2 – сарай; 3 – аптечный склад; 4 – больничный корпус; 5 – ворота; 6 – смотровой колодез водопроводной сети; контур отверстия провального углубления; 7 – внешний (видимый); 8 – внутренний (скрытый); 9 – конец трубы разорванного водовода; 10 – вода, оставшаяся на дне углубления после откачки; 11 – искусственный насыпной грунт; 12 – четвертичные суглинки и глины; 13 – обваловые отложения (продукты обрушения); 14 – слой асфальтного перекрытия

глинами с прослоем разрушенных известняков уфимского яруса верхней перми и гипсами кунгурского яруса нижней перми.

Суглинки, известковистые и плотные, имеют мощность от 3,2 до 9,6 м, участками перекрыты состоящим из строительных отходов насыпным грунтом мощностью от 1 до 3,8 м. Глины иногда песчаные с обломками известняка.

Уфимские глины плотные, аргиллитоподобные, участками песчаные, мощностью от 25,2 до 43,5 м. По всей толще глин встречаются обломки известняка, но размеры и содержание их увеличены в основании толщи. Прослой известия-

ков имеет мощность от 2,6 до 7,9 м. Известняки сильно трещиноватые, кавернозные, иногда обломочные, с небольшими прослойками глин. Последние часто заполняют полости и трещины в известняках.

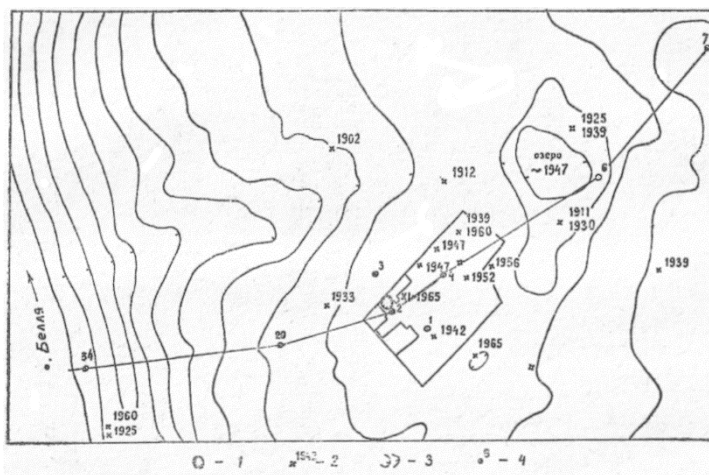


Рис. 2. План-схема расположения нового и прежних карстовых провалов: 1 – провальное углубление, образовавшееся 25 ноября 1965 года на территории диспансера, 2 – место и год возникновения прежних провалов, 3 – горизонтали рельефа через пять метров, 4 – скважина и ее номер

Верхняя сильно трещиноватая и закарстованная часть гипсов имеет мощность только 6–7 м. На контакте с известняками в гипсах по провалам бурового инструмента были обнаружены полости карстового происхождения, высота которых колеблется от 0,7 до 2,5 м (скв. 4). В скв. 6 обнаружен прослой каменной соли в гипсах.

Было установлено, что глины и суглинки являются безводными. Карстовые воды слабонапорного типа приурочены к обломочным известнякам и верхней части гипсов. На их способность выносить во взвешенном состоянии глинистые частицы указывает встреченная скв. 6 «разжиженная зона». О водообильности известняков и гипсов можно судить по результатам пробных откачек. Удельные дебиты скв. 2 и 4 составили соответственно 1, 2 и 1,4 л/с. Состав карстовых вод на участке провала сульфатно-кальциевый. Минерализация их во времени изменяется от 1,8 до 2,8 г/л (по данным анализов за 4 года наблюдений).

Историю образования провального углубления можно представить следующим образом. Первоначально на контакте между известняками и гипсами по трещинам в последних развилась карстовая полость. Полость образовалась на участке поступления карстовых вод из известняков в гипсы в зоне сезонных колебаний уровня карстовых вод. Водообильность и

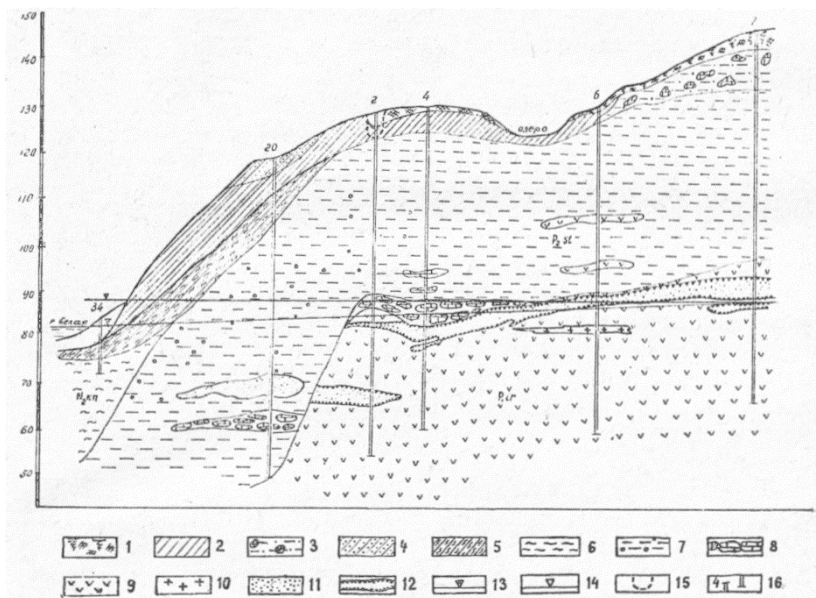


Рис. 3. Геолого-гидрогеологический разрез по скважинам 34, 20, 2, 4, 0, 7: 1 – насыпной грунт; четвертичные отложения: 2 – суглинки, 3 – глины песчаные с обломками известняка, 4 – супеси, 5 – глины, 6 – кинельские глины; отложения уфимского яруса: 7 – глины аргиллитоподобные, 8 – известняк разрушенный; отложения к уйгурского яруса: 9 – гипсы, 10 – каменная соль; 11 – песок глинистый разновозрастный; 12 – карстовая полость; уровни карстовых вод: 13 – максимальный, 14 – минимальный; 15 – контур провального углубления в разрезе; 16 – номер и забой скважины

фильтрационная способность гипсов здесь выше, чем у известняков. В первую очередь обрушились породы свода полости, представленные обломочными известняками с глиной. Одновременно с заполнением карстовой полости продуктами обрушения в прослое разрушенного известняка образовалась об-

вальная полость, свод которой представлен глинами, а еще выше суглинками.

По данным В. С. Лукина [1], при обрушении свода, сложенного пластичными породами, высота обвальной полости может превышать ширину в 3–5 раз. Значит, необходимо допустить, что при образовании обвальной полости в глинах на всю мощность их толщи ширина полости в прослое известняка была равной 7–8 м. Развитие обвальной полости в глинах происходило с заполнением большей части ее продуктами обрушения.

Процесс заключительной стадии обрушения глин и суглинков или стадии провала был ускорен постоянной в течение 1,5 лет утечкой воды из водопровода и, наконец, прорывом его трубы. Обводнение суглинков и глин, резко повысив их вес и понизив их связность, привело в конечном счете к образованию на поверхности земли углубления, заполненного водой. По генетической классификации карстовых воронок [2] это углубление представляет собою карстовую коррозионно-провальную форму рельефа.

По данным опросов, на территории диспансера провалы происходили также в 1939, 1941, 1942, 1947, 1952, 1960 и других годах (рис. 2). При этом были случаи проваливания деревьев, поленницы дров и веранды одного из помещений диспансера.

В районе соседних с диспансером улиц, а также на берегу р. Белой известны провалы, возникшие в 1902, 1911, 1912, 1925, 1930, 1933, 1935, 1939, 1956 и других годах. Из-за провалов некоторые дома были снесены (например, на берегу р. Белой). В стенах некоторых домов при провалах возникли трещины (например, в здании библиотечного техникума). Один провал возник в августе 1965 г. в огороде дома № 19 а по улице Усольской. Первоначальный диаметр отверстия образовавшегося углубления был равен 1 м. Оно имело глубину 4 м и книзу расширилось.

На территории обследованного района площадью 0,17 км<sup>2</sup> провалы происходили во все времена года. С 1902 по 1965 г. здесь зарегистрировано более 22 случаев провалов, т. е. на 1 км<sup>2</sup> территории за год возникает два провала. По существующей классификации ПНИИИСа Госстроя СССР [3] территорию обследованного района следует отнести к категории очень неустойчивых, где строительство объектов любых видов недопустимо. Результаты проведенных исследований позволили уточнить инженерно-геологическое районирование этой части города.

В течение ряда лет после провала велись наблюдения за режимом карстовых вод и за деформациями поверхности. Оказалось, что подпор со стороны р. Белой в период весеннего половодья доходит до скв. 6. Минимальная амплитуда колебания уровня карстовых вод зафиксирована в засушливом 1967 г. и составила в скв. 2 – 1,71, в скв. 4 – 1,72 и в скв. 6 – 0,53 м, а максимальная – в 1970 г. – была равна 4,86, 4,83 и 2,51 соответственно.

Одновременно с весенним подъемом уровня воды уменьшалась минерализация с 2,7 до 1,8 г/л по скв. 2 и 4 и с 61,0 до 48,5 г/л по скв. 6. Хлоридно-натриевый состав карстовых вод в районе скв. 6 и наличие подземного потока от нее в сторону р. Белой под территорией диспансера являются одними из факторов, благоприятствующих увеличению растворяющей способности подземных вод, так как в присутствии хлоридов в воде гипсовая емкость ее возрастает в 2–3 раза.

Относительная степень насыщенности карстовых вод гипсом составляла в скв. 2 (около провала) 80 % почти весь год, в скв. 4 – 50–75 %, а в скв. 7 – 45–70 %. Таким образом, дефицит насыщения карстовых вод вниз по потоку постепенно уменьшался от 30–55 до 20 %.

Большую часть года поток карстовых вод на этом участке имеет гидравлический уклон (до 0,01) в сторону р. Белой. Средняя мощность водоносной зоны составляет 9,5 м, средний коэффициент фильтрации – 10 м/сут. На основании этих данных можно утверждать, что на участке шириной 60 м (между скв. 1 и 3) естественный расход потока карстовых вод составляет 55 м<sup>3</sup>/сут. Величина минерализации возрастает на расстоянии 300 м (от скв. 7 до скв. 2) в среднем на 0,5 г/л. Результаты приближенных расчетов показывают, что объемный показатель ионного выноса, или карстовая денудация, в пределах данного элементарного участка составляет 12,3 т/год, или, в пересчете на 1 км<sup>2</sup>, около 250 м<sup>3</sup>/год.

Наибольшая активизация карстового процесса отмечена в весенний период. Об этом свидетельствуют просадки поверхности земли, наблюдавшиеся в районе скв. 4 (диаметр провалов около 5 м и глубина 0,4 м) и в районе нового провала, вызвавшие увеличение трещин в стенах, общую деформацию домов и других построек. В 1971 г. был решен вопрос о переносе диспансера в другое место.

Таким образом, в результате детального гидрогеологического и инженерно-геологического изучения участка одного из новых карстовых провалов в г. Уфе, а также многолетних наблюдений за режимом карстовых вод и деформациями поверхности земли в его пределах выяснены наиболее вероят-

ный механизм провальных явлений, роль суффозионного и антропогенного факторов в их возникновении. Проведение аналогичных работ на участках других новых провалов в районе г. Уфы позволит более правильно выбирать площадки для застройки закарстованных территорий и более эффективно планировать и осуществлять противокарстовые мероприятия. Полученные для исследованного участка данные можно использовать в качестве надежного аналога для оценки карстовой устойчивости других территорий с подобными геологогидрогеологическими условиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лукин В. С. Провальные явления на Урале и в Предуралье. Гидрогеологический сборник, № 3. Свердловск, 1964.
2. Максимович Г. А. Основы карстования, т. 1. Пермь, 1963.
3. Рекомендации по проектированию зданий и сооружений в карстовых районах СССР. М., 1967.

УДК 552.5 к (470.53)

Е. Г. МАКСИМОВИЧ  
Московский университет

### **ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА РИФОВОГО МАССИВА ГЕЖСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Особенности пространственного распределения пород-коллекторов и их пористости в теле рифов изучались немногими авторами [1, 3, 4]. Рассмотрим этот вопрос на примере франско-фаменско-турнейского рифового массива Гежского месторождения (Пермская область). По кровле турнейского яруса массив представляет собой асимметричный купол с двумя вершинами с амплитудой 264 м по замкнутой изогипсе – 1950 м и размерами 8,7×8,5 км. Предполагается, что франская часть залежи является рифовой структурой, фаменско-турнейская – структурой облекания. Однако есть доказательства о рифовой природе фаменской толщи в сводовой части массива. В латеральном направлении в отложениях франского яруса выделены фациальные зоны: гребневая, платформенно-лагунная, склоновая и депрессионная. Гребневая и склоновая зоны отмечаются и в фамене.

Для выявления характера изменения пористости пород в карбонатном массиве были построены кривые распределения коэффициента пористости стратиграфических подразделений и всего массива. Были использованы значения определений

пористости по НГМ и керну. Кривая распределения пористости, построенная для всего массива, по данным лабораторного исследования керна, смещена относительно кривой, построенной по геофизическим данным, в область низких значений, где она имеет резко выраженный максимум (рис. 1). Величина сдвига кривой  $K_n$  НГМ по отношению к кривой  $K_n$  керна [2] характеризует вторичную пористость в карбонатном коллекторе, так как керн из закарстованных проницаемых зон обычно не выносится. Абсолютная величина ее, определенная по смещению максимальных точек, составляет 3 %.

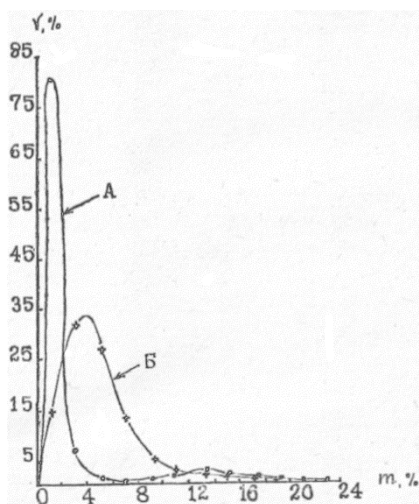


Рис. 1. Кривые распределения пористости по Гежскому массиву: А – по анализам керна; Б – по НГМ

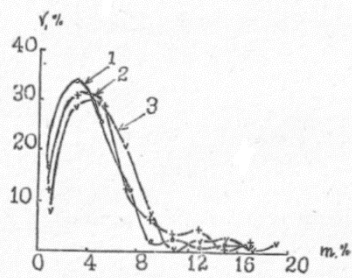


Рис. 2. Распределение пористости для ярусов: 1 – франского; 2 – фаменского; 3 – турнейского

На кривых распределения пористости по НГМ для ярусов хорошо выражена их двувёршинность (рис. 2). Если принять, что вторая вершина распределений связана со вторичными процессами [3], в частности с выщелачиванием, то можно заключить, что интенсивность этого процесса была максимальной в фаменских отложениях. Можно сделать также вывод о преобладании первичной пористости и кавернзности в нижней части рифового массива (франские отложения). Это подтверждается петрографическими и палеогеоморфологическими исследованиями.

Для выяснения особенностей пространственного распределения коллекторов в теле рифа были построены кривые распределения средневзвешенных значений пористости по высоте массива (рис. 3). Для кривых, относящихся к гребневой части, наблюдается значительное увеличение пористости снизу вверх. В платформенно-лагунной зоне пористость более равномерная при некотором увеличении ее значений снизу вверх. Эту же закономерность подтверждают карты-срезы пористости, построенные для ярусов. Средневзвешенные значения пористости определялись по данным НГМ [4]. Профильный разрез через Гежский риф, на котором можно проследить изменение пористости по разрезам скважин, иллюстрирует так-

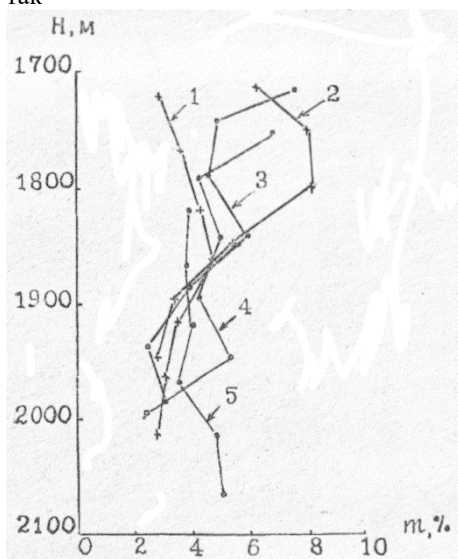


Рис. 3. Распределение средних значений пористости по высоте массива:  
1, 2 – по скважинам гребневой зоны;  
3, 4, 5 – по скважинам платформенно-лагунной зоны

же, что максимальные значения пористости характерны для присводовой части массива (рис. 4). На профиле выделяются зона с  $K_n$  не выше 10 % в нижней части и зона с  $K_n$  до 18 % в присводовой части массива. Особенности распределения пористости могут быть объяснены: 1) изменением условий осадконакопления в различные этапы роста рифа, 2) различной направленностью и интенсивностью постседиментационных преобразований. Петрографический анализ керна показал, что существенных различий в структурном составе пород в гребневом и платформенно-лагунном типах разрезов нет. Это, по-видимому, обусловлено различным характером воздействия вторичных процессов. Постседиментационные



процессы – выщелачивание, доломитизация (в большинстве случаев) и перекристаллизация – улучшают пористость пород. На Гежском массиве отсутствует заметная доломитизация отложений. Выщелачивание является решающим фактором в формировании емкостных свойств фаменских пород-коллекторов. Наиболее активным выщелачивание было в

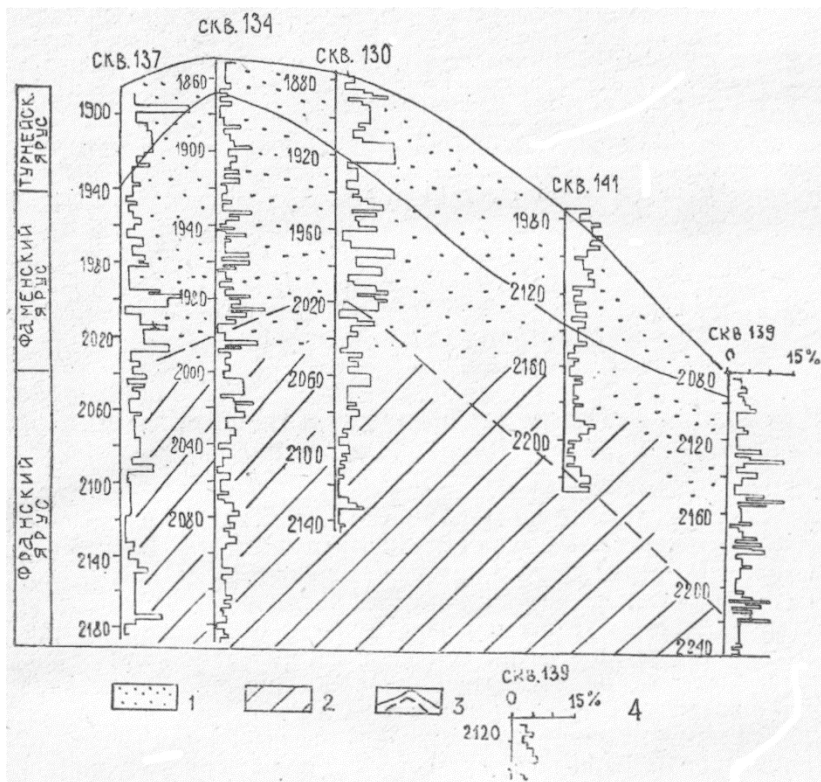


Рис. 4. Профильный разрез через Гежский риф:  
 1 – зона с  $K_n < 20\%$ ; 2 – зона с  $K_n < 10\%$ ; 3 – стратиграфические границы; 4 – изменение пористости по разрезам скважин

пределах сводов. Первичная пористость значительна только во франских отложениях, что, очевидно, связано с подводным режимом формирования массива в период франского века. Закарстовывание пород фаменского яруса происходило в послетурнейский перерыв осадконакопления в условиях подзем-

ного стока карстовых вод. Пространственное распределение пористости может указывать на основные пути фильтрации подземных вод.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кошляк В. А., Коваленко Э. К. Распределение коллекторов в рифовых массивах Башкирии. – Тр. Татарок, нефт. НИИ, вып. 10, 1967.
2. Наборщикова И. И., Шурубур Ю. В., Дементьев Л. Ф. Определение каверновой пористости коллектора порово-кавернового типа. – Тр. Пермск. фил. Гипростокнефть, № 4. Пермь, 1969.
3. Сабиров Х. Ш. Неоднородность коллекторов рифогенных залежей. – Изв. вузов, нефть и газ, 1976, № 1.
4. Якупов И. А., Гарифуллин А. Х., Коваленко. Э. К. Новые данные о распределении коллекторов в рифовых массивах. – Нефтегазовая геология и геофизика, 1971, № 12.

УДК 624.131

А. И. ПЕЧЕРКИН, В. Н. КАТАЕВ  
Пермский университет

### **ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ЗАКАРСТОВАННЫХ МАССИВОВ**

Наиболее важная и сложная задача, возникающая при проведении инженерно-геологических изысканий в районах развития карста, – выявление поверхностных и подземных карстовых форм. Для проведения подобного рода работ, особенно в условиях погребенного или покрытого карста, требуются большие объемы бурения, причем скважины должны располагаться но заранее заданной сети. В настоящее время не существует в достаточной мере обоснованных критериев для определения густоты этой сети и ее конкретной привязки на местности. Поэтому все разведочные выработки могут попасть или на вершины карстовых останцов или на дно депрессий, которые при перекрытии массива нерастворимой толщей очень плохо выражены в поверхностном рельефе. В обоих случаях это приводит к серьезным ошибкам в оценке закарстованного массива с инженерно-геологической точки зрения.

Вследствие этого необходимо иметь предварительное представление о подземном рельефе кровли растворимых пород и о внутренней их закарстованности, что возможно достичь путем всестороннего изучения и детального картирования тектонической трещиноватости.

Приведем методику исследований:

1. По результатам массовых замеров трещин и расстояний между ними строится схема тектонической трещиноватости массива.

2. Подсчитывается количество трещин ( $M_T$ ), количество пересечений трещин ( $K_T$ ) и общая длина трещин ( $L_T$ ) на единицу площади поверхности закарстованного массива. По количеству трещин и общей длине трещин на единицу площади поверхности массива можно судить о степени раздробленности отдельных его участков, по количеству трещин на единицу площади поверхности – о наличии локализованных путей фильтрации атмосферных осадков в глубь массива.

3. Строятся карты изолиний показателей  $M_T$ ,  $K_T$ ,  $L_T$  (рис. 1).

4. Производится анализ карт изолиний показателей трещиноватости. Замкнутые изолинии с наибольшими значениями  $M_T$ ,  $K_T$ ,  $L_T$  отмечают местоположение карстовых депрессий.

Внутренняя закарстованность на таких участках, наряду с повышенной трещиноватостью, создает неблагоприятные инженерно-геологические условия. Замкнутые изолинии с небольшими значениями  $M_T$ ,  $K_T$ ,  $L_T$  соответствуют останцам в рельефе кровли карстующегося пласта. Внутренняя закарстованность на таких участках минимальна, а инженерно-геологические условия приемлемы для строительства.

На участках со средними значениями показателей трещиноватости между оконечностями двух останцов вырисовываются межостанцовые

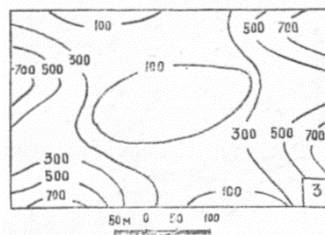
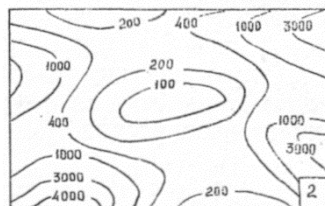
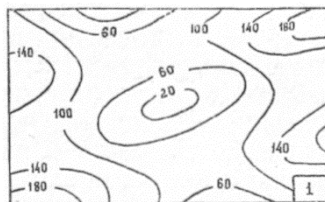


Рис. 1 Схематические карты изолиний показателей трещиноватости участка Полазненского поднятия – карты изолиний: 1 – количества трещин; 2 – количества пересечений трещин; 3 – общей длины трещин на гектар поверхности закарстованного массива

седловины. Участки, на которых они расположены, характеризуются средней для данного массива закарстованностью.

5. На основании карт изолиний показателей трещиноватости производится разбивка сети разведочных скважин. Необходимо, чтобы бурением были охвачены все зоны трещиноватости и соответствующие элементы подземного карстового рельефа и внутренней закарстованности массива. Обычно закарстованные массивы в пределах речных долин имеют хорошую обнаженность и картирование их трещиноватости не вызывает существенных трудностей. Когда же протяженность выходов растворимых пород незначительна, путем замеров трещин в отдельных обнажениях невозможно получить полную картину раздробленности массива. В таких случаях необходимо интерпретировать замеры трещин по отдельным обнажениям на весь массив. Однако до сих пор достаточно достоверных методов такой интерпретации не разработано. Геофизические методы исследования способны дать лишь качественную картину раздробленности массива, количественная же обработка их результатов затруднительна, а в ряде случаев невозможна.

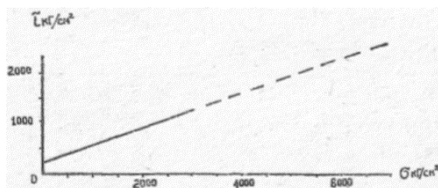


Рис. 2. Кривая разрушения гипс-ангидрита при трехосном сжатии

По мнению авторов, количественно интерпретировать замеры трещиноватости по отдельным обнажениям на весь массив можно:

1) математическим моделированием

напряженного состояния массива, обусловившего его растрескивание; это достигается путем решения пространственной задачи с применением методов теории упругости;

2) рентгеноструктурным изучением деформации кристаллической решетки минералов в образцах, взятых из зон, с известной степенью раздробленности тектоническими трещинами и последующим сравнением результатов с результатами исследования образцов из участков массива, трещины которых невозможно непосредственно измерить.

В первом случае на основании детального изучения геологической истории, тектоники массива, а также условий залегания, прочностных и деформационных характеристик слагающих его горных пород, из арсенала теории упругости выбирается метод расчета напряжений. При этом в первоначальном

состоянии (сразу после седиментации и литификации осадка до начала тектонического воздымания и растрескивания) массив рассматривается как сплошное изотропное тело.

Наличие литогенетической трещиноватости не будет противоречить такому подходу, так как по простиранию пласта она распространяется равномерно, а частота трещин зависит от мощности пласта и таких свойств, как кавернозность и пористость, которые для определенного стратиграфического горизонта, представленного однородной горной породой, можно считать постоянными.

Наличие в массиве плоскостей напластования, во многом обуславливающих анизотропию, в нашем случае не будет играть большой роли. Это объясняется тем, что при тектоническом воздымании растрескивание начинается с верхних горизонтов и постепенно распространяется на нижние, разбитые трещинами слои исключаются из работы. Вместе с тем в расчетах следует учитывать, что с глубиной физические свойства даже литологически однородных горных пород меняются. Поэтому при переходе процесса растрескивания их верхних горизонтов в нижние значения прочностных и деформационных характеристик следует менять и в расчетных формулах.

Определяя напряжение в отдельных точках массива при его воздымании на определенную высоту, строим карту изолиний нормальных и касательных напряжений. Трещины в массиве будут только в том случае, если напряжения достаточны для разрушения породы. Наибольшие значения напряжений соответствуют зонам с наибольшей, наименьшие – с наименьшей, средние – со средней раздробленностью. Сравнение изменения значений главных напряжений при изменении глубины с результатами испытаний образцов данной горной породы на трехосное сжатие, а величины касательных напряжений с временным сопротивлением породы на разрыв позволяет определить глубину растрескивания массива при данной амплитуде поднятия.

Полученная схема изолиний напряжений сравнивается со схемой тектонической трещиноватости. Показатели трещиноватости, соответствующие определенным значениям напряжений, переносятся на те участки массива, где непосредственно замерить трещины невозможно.

Во втором случае из зон с известными показателями трещиноватости отбираются образцы на рентгеноструктурный анализ. По результатам анализа строится зависимость степени деформированности кристаллической решетки минералов от показателей трещиноватости. Затем отбираются образцы

из участков массива, трещиноватость которых не может быть визуально изучена. Степень деформируемости кристаллической решетки этих образцов сравнивается с ранее построенной зависимостью, находятся соответствующие показатели трещиноватости.

Далее сопоставляются и увязываются между собой карты изолиний полученных показателей трещиноватости. Применение изложенных методов в комплексе и сопоставление их результатов практически исключают ошибки в определении закарстованного массива.

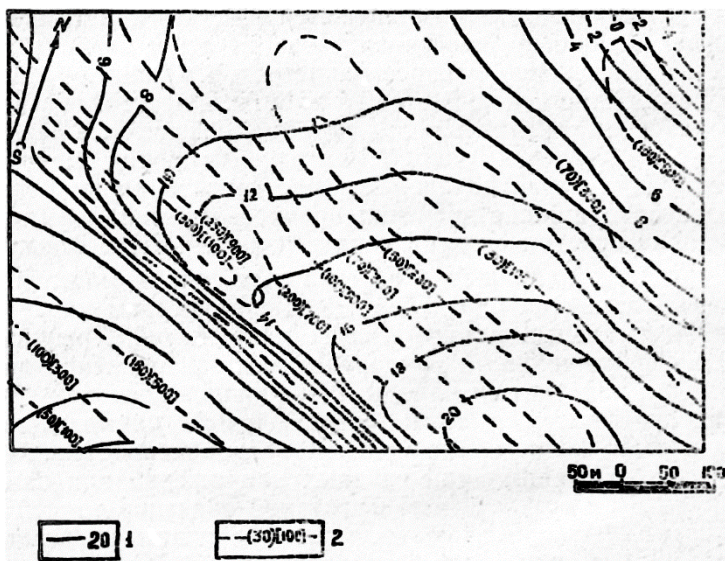


Рис. 3. Схематическая карта изолиний напряжений в толще гипс-ангидритов на участке Полазненского поднятия при амплитуде поднятия 10 м:

1 – значения изолиний касательных напряжений ( $\text{кг/см}^2$ ); 2 – значения изолиний наименьшего ( $\sigma_x$ ) и наибольшего ( $\sigma_y$ ) главных напряжений ( $\text{кг/см}^2$ )

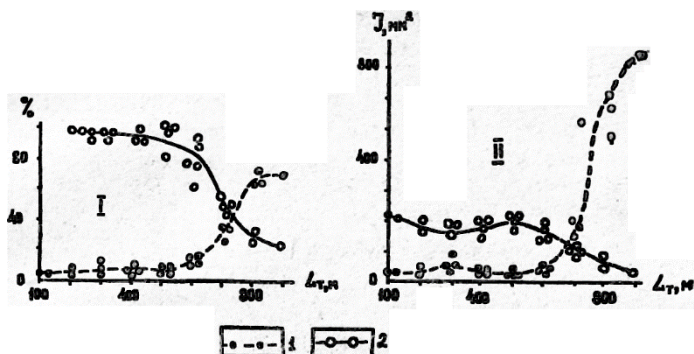
Рассмотрим применение этих методов на примере изучения гипс-ангидритового массива, который находится на берегу Камского водохранилища в 20 км выше плотины ГЭС. В структурном отношении он представляет собой часть По-

лазенской брахиантиклинали с амплитудой поднятия в центре 11 м, длиной 4,8 км и шириной 1,5 км, средняя мощность гипс-ангидритов 65 м. Кривая разрушения гипс-ангидрита при испытании на трехосное сжатие представлена на рис. 2. Временное сопротивление породы на разрыв составляет  $10 \text{ кг/см}^2$  [2].

Для расчета напряжений, возникающих в пластах горных пород при формировании подобных структур, следует воспользоваться решением пространственной задачи по расчету главных и касательных напряжений при изгибе закрепленных по контуру тонких пластин эллипсоидной формы [1]. Результаты расчетов напряжений, возникающих в толще гипс-ангидритов на участке Полазенской структуры при ее формировании, представлены на рис. 3. При сравнении их с прочностными характеристиками породы установлено, что на рассматриваемом участке развиты как трещины скалывания, обусловленные действием наибольшего и наименьшего главных нормальных напряжений, так и трещины отрыва, образовавшиеся под влиянием касательных напряжений. Причем трещины скалывания ориентированы главным образом в северо-западном направлении, а трещины отрыва – в восточном.

Рентгеноструктурный анализ горной породы, взятой из зон с различной интенсивностью трещиноватости, показывает, что для гипса, который в данном случае является продукцией гидратации ангидрита, степень деформируемости кристаллической решетки в зависимости от показателей трещиноватости изменяется в небольших пределах. Для ангидрита она значительно увеличивается с увеличением степени раздробленности массива. Это объясняется тем, что первоначальному растрескиванию подвергались именно ангидриты, слагавшие ранее весь массив. В зависимости от степени трещиноватости изменяется также процентное содержание ангидрита и гипса в породе, что также может служить критерием для определения степени раздробленности массива (рис. 4).

В заключение необходимо отметить, что изучение тектонической трещиноватости закарстованных массивов – очень важная инженерно-геологическая задача, которая требует комплексного решения с учетом всех факторов, влияющих на формирование трещин.



Ряс. 4. Результаты рентгеноструктурного анализа гипсангидритов Полазненского поднятия: I – зависимость содержания гипса и ангидрита в пароде ( $P$ , %) от общей длины трещин на гектар поверхности массива ( $L_T$ , м); II – изменение степени деформируемости кристаллической решетки гипса и ангидрита, выраженной через интенсивность рассеивания ( $I$ ,  $\text{мм}^2$ ) в зависимости от общей длины трещин на гектар поверхности массива ( $L_T$ , м). I – ангидрит; 2 – гипс

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жемочкин Б. Н. Теория упругости. М., Госстройиздат, 1957.
2. Печеркин И. А. Геодинамика побережий камских водохранилищ. Геологические процессы. Пермь, 1969.

УДК 624.131

Г. Б. БОЛОТОВ, Л. В. ПЕЧЕРКИНА  
Пермский университет

### УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛОСТЕЙ В СУЛЬФАТНОМ КАРСТУЮЩЕМСЯ МАССИВЕ

Сульфатные массивы отличаются от карбонатных меньшей глубинной закарстованностью. Ряд исследователей [7] объясняет это закрытием трещин в гипсах и ангидритах на больших глубинах вследствие высокой пластичности пород. Однако наши исследования в Предуралье, Прикарпатье, Поволжье показывают, что тектоническая и литогенетическая трещиноватость в гипсах выражена достаточно четко даже на глубине 50–70 м от земной поверхности.



Слабая глубинная закарстованность сульфатных массивов обуславливается прежде всего быстрым насыщением воды, фильтрующей вглубь массива, сульфатом кальция. Экспериментальными исследованиями А. М. Кузнецова, Н. И. Маслова и В. Г. Науменко, И. А. Печеркина [1, 2, 5] установлено, что растворимость гипса по трещинам зависит главным образом от их ширины, а также от скорости движения воды по трещинам. При малых скоростях длина пути, необходимого для насыщения подземных вод сульфатом кальция, составит несколько десятков сантиметров, при больших – насыщение произойдет лишь после того, как вода пройдет десятки и сотни метров. При заданной скорости движения чем шире трещина, тем длиннее путь насыщения, и наоборот. Обычно глубина зоны насыщения сульфатных карстующихся массивов не превышает 10–15 м.

В связи с этим в закарстованных гипсовых районах наблюдается преимущественное развитие поверхностных карстовых форм. Быстрая, химическая денудация поверхности массива приводит в ряде случаев к его полному растворению в сравнительно (по геологическим масштабам времени) короткие сроки. Наши исследования показывают, что из приповерхностной зоны гипсовых и ангидритовых массивов (10–15 м в глубину) выносится до 95 % сульфата кальция, и лишь 5–10 % породы растворяется и выносится подземными водами из глубинных частей массива.

Между тем крупные подземные полости встречаются не только в приповерхностных частях гипсовых массивов, но и на значительных глубинах (порядка 50–100 м). Казалось бы, это противоречит выводам о быстром насыщении вод сульфатом кальция при движении их по трещинам вглубь массива. Однако при анализе условий развития карста в глубинных частях массива необходимо учитывать прежде всего его напряженное состояние.

Высокое всестороннее давление, создающееся из-за веса вышележащих пород, способствует увеличению растворимости сульфатов кальция. Согласно экспериментальным данным В. И. Манихина [4] при увеличении давления на  $1000 \text{ кг/см}^2$  растворимость гипса повышается в 4 раза. На глубине 50 м в гипсовом массиве давление в среднем составит  $12,5 \text{ кг/см}^2$ , а на глубине 100 м –  $23 \text{ кг/см}^2$ . Растворимость гипса повышается в 0,05 и 0,1 раза соответственно. Дефицит насыщения воды сульфатом кальция при этом увеличится для глубины 50 м на 0,09 г/л, а для глубины 100 м на 0,190 г/л. В районах, где выпадает 500 мм/год атмосферных осадков, на участке гипсового массива площадью 1 га в ин-

тервале от 50 до 100 м при условии свободного доступа воды ежегодно растворятся до 300 кг гипса.

Агрессивность воды по отношению к сульфату кальция будет увеличиваться при смещении двух неагрессивных, насыщенных сульфатом кальция потоков, обладающих различной температурой. Например, атмосферные осадки, поступающие летом к кровле гипсов, имеют температуру  $20^{\circ}\text{C}$ . При благоприятных условиях вследствие значительного нагрева приповерхностных слоев породы температура инфильтрационных вод может подняться до  $30\text{--}40^{\circ}\text{C}$ . Достигнув зоны горизонтальной циркуляции, они смешиваются с подземными водами, температура которых практически не зависит от внешних условий и редко превышает  $5^{\circ}\text{C}$ . Конечно, к этому моменту инфильтрационные воды охлаждаются, и их температура в момент смешения с водами зоны

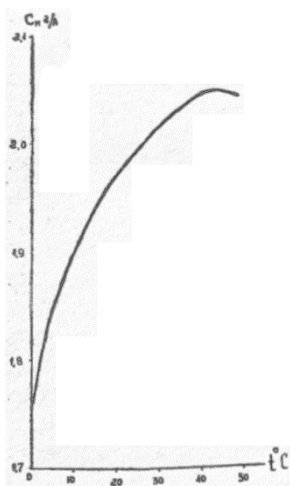


Рис. 1. Растворимость гипса в дистиллированной воде ( $C_n$ , г/л) в зависимости от температуры ( $t$ , °C)

горизонтальной циркуляции обычно не превышает  $10\text{--}15^{\circ}\text{C}$ . Однако при смешении инфильтрационных вод (с температурой  $10^{\circ}\text{C}$ ) с подземными водами ( $t=5^{\circ}\text{C}$ ) в равных количествах, что возможно на локализованных участках с интенсивным притоком инфильтрационных вод, температура смеси составит  $7,5^{\circ}\text{C}$ . При  $t=10^{\circ}\text{C}$  растворимость сульфата кальция составит  $1,90$  г/л, при  $t=5^{\circ}\text{C}$  –  $1,823$  г/л, а при  $t=7,5^{\circ}\text{C}$  –  $1,80$  г/л (рисунок). В результате несложных вычислений получим, что дефицит насыщения воды гипсом при  $t=7,5^{\circ}\text{C}$  составит  $0,0615$  г/л. Хотя эта величина несколько меньше, чем при увеличении растворимости под действием всестороннего сжатия, ее влияние на ход карстового процесса будет заметно. Здесь мы сталкиваемся с явлением, в какой-то мере аналогичным «коррозии смешивания» известняков, открытой Ф. Ф. Лаптевым [3] и в дальнейшем подтвержденной А. Бегли [7].

Следовательно, образование полостей в сульфатных массивах на больших глубинах вызвано: 1) увеличением растворимости горной породы, находящейся под действием всестороннего сжатия; 2) увеличением агрессивности подземных

вод при смешении потоков с различной температурой. Согласно приведенным расчетам дефицит насыщения воды на глубины порядка 50–100 м может составить 0,15–0,16 г/л, что в геологическом масштабе времени вполне достаточно для образования обширных карстовых полостей. Третьим фактором формирования полостей может явиться увеличение агрессивности воды при смешении потоков различного химического состава.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов А. М. О выщелачивании гипса и ангидрита. – Тр. ЕНИ, т. XII, вып. 4. Пермь, 1947.
2. Маслов Н. Н., Науменко В. Г. Условия устойчивости напорных сооружений на загипсованных породах. – В кн.: Растворение и выщелачивание горных пород. М., 1957.
3. Лаптев Ф. Ф. Агрессивные действия воды на карбонатные породы, гипсы и бетоны. М., Л., 1939.
4. Манихин В. И. К вопросу о растворимости сульфата кальция при высоких давлениях. – Гидрохим. материалы, т. XVI, Л., 1966.
5. Печеркин И. А. Геодинамика побережий камских водохранилищ. Пермь, 1969.
6. Якуч Л. Морфогенез карстовых областей. М., 1979.
7. Bögli A. The rôle of corrosion by mixed water in cave forming. – Problems of the speleological reseach. Prague, 1965.

УДК 551.31:551.44(471.53)

О. Л. АЛЕКСЕЕВА  
Пермский университет

### **РОЛЬ КАРСТУЮЩИХСЯ ПОРОД В ОВРАГООБРАЗОВАНИИ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ**

В связи с проблемами развития Нечерноземья изучению влияния карстующихся пород на формирование рельефа уделяется большое внимание [7]. Роль карстующихся пород в формировании рельефа отмечалась многими исследователями, но их выводы касались в основном особенностей развития карста и формирования карстового ландшафта [3, 5, 6, 12 и др.]. Нами в предыдущих работах [1, 10, 11, 13, 14 и др.] рассмотрено влияние карстующихся пород на крутизну наклона рельефа, густоту речной сети, энергию и суммарную расчлененность рельефа, характер водоразделов. Однако такой вопрос, как влияние карста и карстующихся пород на овражность территории, до сих пор не нашел разрешения.

Мы изучили влияние карстующихся пород на характер и интенсивность развития овражной сети Пермской области. Для этого были определены значения коэффициентов густоты и плотности овражной сети по крупномасштабным топокартам и аэрофотоснимкам, построены карты густоты и плотности овражной сети для Пермской области. Изменение этих коэффициентов анализировалось в зависимости от наличия карстующихся и некарстующихся пород в пределах различных структурно-фациальных зон Пермской области [9] – Урала, Предуральяского прогиба и восточной окраины Русской платформы. При этом учитывались структурные и неотектонические особенности территории. За густоту овражной сети принималось отношение суммарной длины оврагов к единице площади; за плотность – количество оврагов, приходящихся на единицу площади. Коэффициент густоты овражной сети отражает фронт линейного и площадного роста оврагов, их плотность, дает оценку потенциала линейной агрессии эрозии, фиксируя количество активных вершин оврагов. Соотношение между этими характеристиками – «овражность» [4] – определяет фактическую пораженность территории оврагами и степень овражной опасности. При любых соотношениях длин оврагов, расстояний между ними, взаимоотношения и взаиморасположения оврагов, повышение плотности их распространения увеличивает «овражную опасность». Предварительный анализ позволил выделить районы: 1) слабой овражности, где степень плотности оврагов выше степени их протяженности, т. е. преобладают длинные, но редко встречающиеся овраги (Камская водно-ледниковая равнина, Верхнекамская впадина); 2) умеренной овражности, где значения степени плотности и густоты овражной сети одинаковы; 3) значительной овражности, где степень плотности оврагов выше степени их густоты, т. е. преобладают короткие, часто встречающиеся овраги.

Изменение литологического состава пород во многом определяет изменение таких количественных характеристик рельефа, как величина наклона местности, густота речной сети ( $K_r$ ), энергия ( $\mathcal{E}_p$ ) и общая расчлененность ( $K_p$ ) рельефа [1, 10, 11, 12, 14 и др.], что в свою очередь отражается на развитии процессов оврагообразования. Поэтому мы для сравнения рассматриваем эти характеристики при смене карстующихся толщ некарстующимися в различных геологоструктурных условиях (таблица).

Значительная овражность приурочена к выходам терригенных пород в сводовых частях структур, испытывающих неотектонические поднятия и характеризующихся значи-

тельной энергией рельефа, большими углами наклона местности (Уральская складчатая зона, Предуральский краевой прогиб, Пермско-Башкирский свод).

К карстовым районам приурочены, как правило, участки умеренной овражности. Локальные повышения степени овражности до значительной характерны для неотектонически активных зон, имеющих высокие углы наклона и расчлененность рельефа. Кроме того, карстующиеся породы на равнине выходят на поверхность преимущественно в ядрах положительных сводовых структур, также выражающихся в рельефе повышением углов склонов и расчлененности, т. е. роль литологического состава пород в оврагообразовании несколько затушевывается структурными и неотектоническими особенностями территории.

В одинаковых структурно-тектонических условиях при переходе от терригенных пород к карстующимся отмечается снижение либо коэффициента протяженности оврагов при той же плотности, либо коэффициентов густоты и плотности овражной сети. В первом случае развитие овражной эрозии находится в начальной стадии, когда эрозия преобладает над карстом [8]. На таких участках развиты короткие (менее 1 км), часто встречающиеся овраги V-образной формы. Во втором случае наблюдается затухание овражной эрозии в результате сокращения поверхностного и увеличения подземного стока [2]; овраги характеризуются умеренной (до 1–2 км) длиной, сглаженными формами, наличием поноров в днищах [8]. Таким образом, наличие карстующихся пород оказывает влияние как на морфологию оврагов [8], так и на интенсивность их развития. В целом в одинаковых структурно-тектонических условиях степень овражности снижается по мере перехода от участков некарстующихся пород к участкам карстующихся пород.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева О. Л. Влияние карста на основные показатели рельефа Пермской области. – Тез. докл. Всес. научн.-техн. совещ. «Карст Нечерноземья». Пермь, 1980.
2. Балков В. А. Влияние карста на сток рек Европейской территории СССР. Л., Гидрометиздат, 1970.
3. Голубева Л. В. Некоторые эрозионно-карстовые и карстовые формы рельефа в Кунгурском и Кишертском районах Пермской области. – В кн.: Изв. ЕНИ при Пермск. ун-те, 1953, т. XIII, вып. 7.
4. Косов Б. Ф., Константинова Г. С., Дьяченко И. С. Оценка овражной опасности территории по коэффициенту протяженности и плотности оврагов. – В кн.: Оценка и картирование эрозионноопасных и дефляционных земель. МГУ, 1973.

**Изменение характеристик рельефа в зависимости от литологического состава пород  
и структурно-тектонических условий**

Горные породы	$K_r$ , км/км <sup>2</sup>	$\mathcal{E}_p$ , м	$K_p$	Углы наклона местн. (градус)	Густота овражной сети	Плотность овражной сети	Овражность
Русская платформа							
Карстующиеся	$\frac{0,4-0,8}{-}$	$\frac{100-200}{-}$	$\frac{0,04-0,01}{-}$	$\frac{3-5 \text{ до } 7}{-}$	$\frac{0,04-0,064}{-}$	$\frac{0,08-0,064}{-}$	умеренная до значительной -
Некарстующиеся	$\frac{0,7-1,0}{0,6-1,2}$	$\frac{100-150}{50-100}$	$\frac{0,01-0,10}{0,05-0,12}$	$\frac{4-8}{1,5-4}$	$\frac{0,016-0,126}{0,00-0,126}$	$\frac{0,08-0,126}{0,00-0,064}$	умеренная и значительная умеренная и слабая
Предуральский прогиб							
Карстующиеся	$\frac{0,4-0,7}{0,6-0,8}$	$\frac{120-200}{60-100}$	$\frac{0,05-0,10}{0,06-0,08}$	$\frac{5-6}{2-4}$	$\frac{0,004-0,020}{0,00-0,070}$	$\frac{0,004-0,032}{0,00-0,064}$	умеренная слабая
Некарстующиеся	$\frac{0,8-1,0}{-}$	$\frac{80-160}{-}$	$\frac{0,08-0,18}{-}$	$\frac{3-10}{-}$	$\frac{0,006-0,064}{-}$	$\frac{0,016-0,252}{-}$	умеренная до значит. -

Горные породы	$K_r$ , км/км <sup>2</sup>	$\mathcal{E}_p$ , м	$K_p$	Углы наклона местн. (градусе).	Густота овражной сети	Плотность овражной сети	Овражность
Урал							
Карстующиеся	$\frac{0,6-0,8}{0,8-1,0}$	$\frac{160-300}{140-160}$	$\frac{0,1-0,16}{0,1-0,16}$	$\frac{5-10}{5-7}$	$\frac{0,032-0,252}{0,010-0,064}$	$\frac{0,032-0,252}{0,004-0,032}$	$\frac{\text{умеренная}}{\text{слабая}}$
Некарстующиеся	$\frac{0,6-0,9}{-}$	$\frac{300}{-}$	$\frac{0,16-0,36}{-}$	$\frac{10-15}{-}$	$\frac{0,032-0,7}{-}$	$\frac{0,126-0,9}{-}$	$\frac{\text{значительная}}{-}$

Примечание. В числителе – положительные структуры, в знаменателе – отрицательные.

5. Кузнецова Л. С. Геоморфология и карст северных участков Кизеловского каменноугольного бассейна. – Уч. зап. Пермск. ун-та, 1955, т. IX, № 1.
6. Максимович Г. А., Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958.
7. Печеркин И. А., Печеркин А. И., Шимановский Л. А. Основные вопросы карстования нечерноземной полосы. – Тез. докл. Всес. научн.-техн. совещ. «Карст Нечерноземья». Пермь, 1980.
8. Печеркин И. А. Геодинамика побережий Камских водохранилищ, ч. II. Пермск. ун-т, 1969.
9. Софроницкий П. А. Восточная часть Русской платформы; Предуральский краевой прогиб; Западно-Уральская внешняя зона складчатости. – В кн.: Геология СССР, т. XII, ч. 1, кн. 2. М., 1969.
10. Шимановская О. Л., Шимановский Л. А. Крутизна наклона рельефа Пермской области. – В кн.: Физико-географические основы развития и размещения производительных сил нечерноземного Урала. Пермск. ун-т, 1977.
11. Шимановская О. Л., Шимановский Л. А. Густота речной сети Пермской области и закономерности ее формирования. – В кн.: Физико-географические основы развития и размещения производительных сил нечерноземного Урала. Пермск. ун-т, 1979.
12. Шимановский Л. А. Основные факторы формирования рельефа Пермского Приуралья. – В сб.: Геология и петрография Западного Урала, вып. 5. Пермск. ун-т, 1970.
13. Шимановский Л. А. Энергия рельефа Пермской области. – В кн.: Физико-географические основы развития и размещения производительных сил нечерноземного Урала. Пермск. ун-т, 1977.
14. Шимановский Л. А., Шимановская О. Л. К вопросу изучения овражной эрозии Пермской области в целях мелиорации. – В кн.: История развития речных долин и проблемы мелиорации земель. Новосибирск, Наука, 1979.

УДК 551.481.1 (471.53)

Р. В. ЯЩЕНКО  
Пермский университет

## **ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ КАРСТОВЫХ ОЗЕР ПЕРМСКОГО ПРИУРАЛЬЯ**

Первое химико-географическое районирование карстовых озер равнинного Приуралья в пределах Пермской области было выполнено на основе районирования карста К. А. Горбуновой [6]. На схематической карте были показаны районы озер с различной минерализацией воды [2, 4]. В последующие годы автором продолжались гидрохимические исследования карстовых озер, режимные наблюдения за изменением состава озерных вод и отложений в пространстве и во времени. В итоге обследовано 376 озер (степень детальности опробования отражает рисунок).



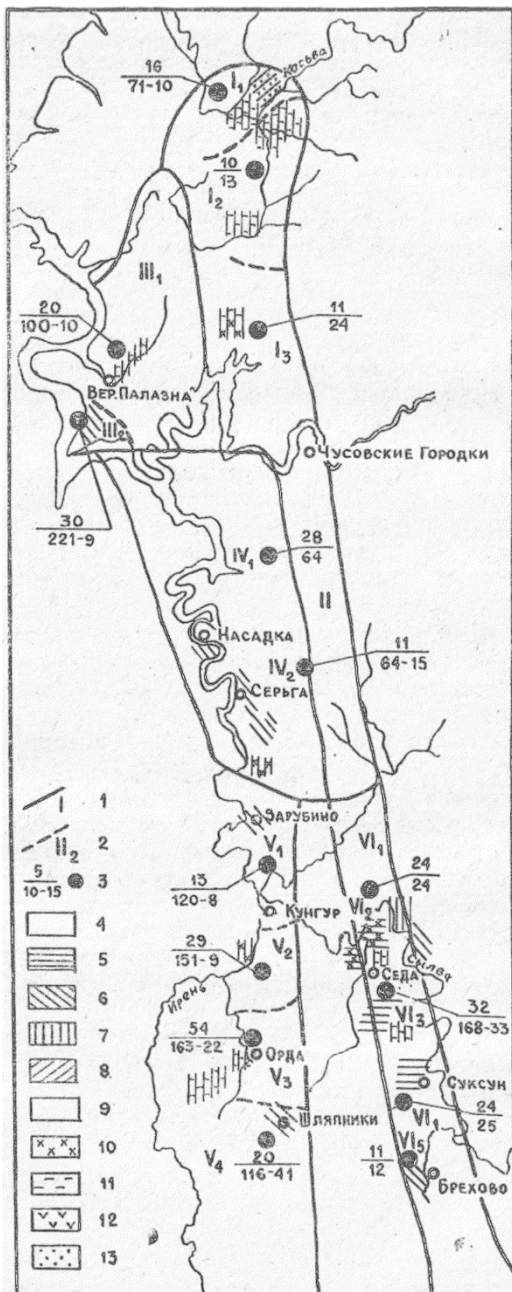
Схематическая карта гидрохимических районов карстовых озер равнинной части Пермской области:  
 1 – границы и номера гидрохимических районов;  
 2 – ориентировочные границы и номера гидрохимических участков;  
 3 – цифра в числителе показывает количество опробованных озер, в знаменателе – количество химических анализов воды и отложений.

Гидрохимические фации:

- 4 – гидрокарбонатно-кальциевая,
- 5 – гидрокарбонатно-сульфатная,
- 6 – гидрокарбонатно-натриевая,
- 7 – сульфатно-кальциевая,
- 8 – хлоридно-натриевая.

Минерализация озерных вод:

- 9 – менее 0,5 г/л,
- 10 – 0,5–1 г/л,
- 11 – 1–3 г/л,
- 12 – 3–5 г/л,
- 13 – более 5 г/л



Полученный материал позволил детализировать и дополнить проведенное ранее районирование озер по гидрохимическим признакам. Так, впервые публикуются данные по химическому составу озерных вод Сергинцовско-Долгушинского карстового района. На основании опробования озерных вод в междуречьях Сылвы и Ирени, Сылвы и Шаквы выделенный в 1967 г. Сылвинско-Иренский район разделен на два самостоятельных гидрохимических региона: Сылвинско-Сергинский и Кунгурско-Иренский, а в их пределах – на ряд участков.

Принимая за основу районирование карста Пермской области, в пределах равнинного Приуралья автор выделяет 6 гидрохимических районов карстовых озер. Они территориально обособлены, характеризуются определенной минерализацией и имеют своеобразный химический состав озерных вод и отложений (таблица). В пределах районов выделены гидрохимические участки, объединяющие группы озер того или иного генезиса, отличающиеся друг от друга различным составом и минерализацией озерных вод. Генезис карстовых озерных котловин во многом определяет и условия питания озер [7]. Участки названы по наименованию рек или населенных пунктов, вокруг которых сконцентрированы группы озер (рисунок).

I. Северный район преобладания гидрокарбонатнокальциевых и сульфатно-кальциевых озерных вод занимает северную часть Сергинцовско-Долгушинского карстового района в пределах Косьвинско-Чусовского междуречья. Озера этой территории ранее изучались рядом авторов [8, 1].

Развитие сульфатного и соляного карста обуславливает наличие наряду с пресными слабосоленых, соленых и соленых озерных вод сульфатно-кальциевого и хлоридно-натриевого состава, питающихся карстовыми и трещиннокарстовыми водами. Гидрохимическая характеристика озер приведена в таблице. Смена гидрохимических формаций озерных вод происходит при следующих интервалах минерализации: до 0,75 г/л – гидрокарбонатная, 0,75–5 г/л – сульфатная, более 5 г/л – хлоридная формация. Рост минерализации до 5 г/л сопровождается резким уменьшением содержания гидрокарбонатов и увеличением сульфатов кальция. При концентрации солей более 1 г/л в озерных водах появляются ионы хлора и натрия, содержание которых быстро увеличивается, и при общей минерализации более 5 г/л вода имеет хлоридно-натриевый состав.

Высокая минерализация обуславливает значительную жесткость озерных вод. Очень жесткую воду (более 9 мг/экв)

имеют 11 озер, мягкую (менее 1,5 мг/экв) – 17, умеренно жесткую – остальные.

В составе донных отложений отмечается повышенное содержание карбонатной углекислоты и карбоната кальция.

В пределах Северного района выделены три участка.

1. *Нижнекозьвинский участок* объединяет ультрапресные озера области поглощения карстовых вод с гидрокарбонатно-кальциевой водой, слабосоленоватые и соленые озера области стока и разгрузки карстовых вод, характеризующиеся сульфатно-кальциевыми и хлоридно-натриевыми водами. К последним относят озера Дурнятской эрозионно-карстовой депрессии (Роголек, Белое, Черное и др.), являющиеся гидрогеологическими окнами разгрузки карстовых и трещинно-карстовых вод того же состава.

2. *Таборский участок* отличается преобладанием слабосоленоватых и солоноватых озерных вод сульфатно-кальциевого состава. Озера расположены в речных долинах и приурочены к области стока карстовых вод (Водяной Гурган, Бояновское, у с. Таборы и др.). Малочисленны озера гидрокарбонатной формации, питающиеся атмосферными водами малой минерализации и характеризующиеся гидрокарбонатно-кальциевым составом воды.

3. *Шалаининский участок* включает ультрапресные и пресные озера с водой гидрокарбонатно-кальциевого и гидрокарбонатно-сульфатного состава, а также слабосоленоватые сульфатно-кальциевые озера. Гидрохимическая формация определяется генезисом и условиями питания озер: гидрокарбонатная формация характерна для озер области поглощения с атмосферным питанием, сульфатная – для озер области стока с подземным питанием карстовыми водами Мутнинской и Озерной депрессий (озера Большое, Мутнинское, Волковое и др.).

II. Сергинцовско-Долгушинский район ультрапресных гидрокарбонатно-кальциевых и гидрокарбонатно-натриевых озерных вод. Он приурочен к южной части одноименного карстового региона, вытянутого вдоль восточного крыла Уфимского вала в пределах Шаквинско-Чусовского междуречья. Карст развивается в обстановке, переходной от платформенной к геосинклинальной, и приурочен к кунгурским сульфатным и Соликамским карбонатным отложениям. Озерные котловины развиты в областях поглощения и стока карстовых вод. Общая минерализация воды изменяется от 0,08 до 0,37 г/л, увеличиваясь в придонных слоях от 0,6 до 1,2 г/л. Подток подземных вод наблюдается на глубине 4–6, реже – 9–12 м. Судя по анализам родниковых вод, в питании озер

принимают участие грунтовые и карстовые воды гидрокарбонатно-кальциево-натриевого, гидрокарбонатно-натриевого и сульфатно-кальциевого состава.

Озера этого региона еще мало изучены. Автор выделяет его на основании обследованных 28 озерных котловин в окрестностях с. Дубовое (южная часть Сергинцовско-Долгушинского карстового района).

III. Камско-Чусовское междуречье – район пестрых гидрохимических фаций гидрокарбонатной формации. Он приурочен к Полазнинско-Шалашнинскому региону сульфатного и карбонатно-сульфатного карста. Здесь преобладают кольматационные озера, питающиеся преимущественно атмосферными водами.

Зональные, по Г. А. Максимовичу [5], гидрокарбонатно-кальциевые фации отмечены в 38 % озер. Широко развиты литологически обусловленные гидрокарбонатно-сульфатные воды, а также связанные с биохимическими процессами и антропогенным загрязнением гидрокарбонатно-натриевые и гидрокарбонатно-нитратные воды. Постоянная жесткость в большинстве озер отсутствует, в 11 – не превышает 1,5 мг/экв.

Озерные осадки – высокозольные отложения кремнистого состава.

В районе выделено два участка: III<sub>1</sub>. *Полазнинский участок* ультрапресных гидрокарбонатно-кальциевых и гидрокарбонатно-сульфатных озерных вод. Лишь 2 озера в долине р. Полазны питаются карстовыми водами сульфатных отложений, имеют в придонных слоях минерализацию 1,6–2 г/л. Состав воды сульфатно-кальциевый.

III<sub>2</sub>. *Чусовской Мыс* – участок ультрапресных озер пестрых гидрохимических фаций. Это кольматационные озера области поглощения карстовых вод, гидрохимический состав которых автором изучен и опубликован [9, 10, 11].

Разнообразие фаций озерных вод связано с питанием и различными стадиями развития котловин. Атмосферное питание и отсутствие стока обуславливают застойность воды. При минерализации, редко превышающей 0,1 г/л, возрастает количество ионов натрия, азотистых соединений и хлора, что связано с биохимическими процессами и бытовым загрязнением. К большинству озер этого участка приурочены населенные пункты (Бобки, Залесная, Городище и др.).

IV. Сылвиуско-Сергинский район ультрапресных гидрокарбонатно-кальциевых и гидрокарбонатно-натриевых озерных вод. Он приурочен к пологому северному погружению Уфимского вала и расположен в нижнем Сылвинском поречье. Карст развит в гипсах и ангидритах, поэтому треть

по весу место в составе вод после гидрокарбонатного и кальциевого ионов занимает сульфатной. Зарастание озер обуславливает широкое развитие гидрокарбонатно-натриевых вод. Во всех озерах обнаружен хлор-ион, что связано с бытовым загрязнением. При малой минерализации хлор определяет гидрохимическую фаццию (таблица). Воды региона мягкие.

Озерные осадки представлены обедненными сапропелями известковисто-кремнистого состава.

В пределах Сылвинско-Сергинского района выделены два участка.

IV<sub>1</sub>. *Сылвинский участок* ультрапресных вод пестрых гидрохимических фацций занимает в основном правобережье Сылвы. Преимущественно атмосферное питание обуславливает низкую минерализацию воды (0,08–0,15 г/л), за исключением вод оз. Зуютского. Это озеро расположено в логу, питается сульфатными карстовыми водами, имеет сульфатно-кальциевый сорта в воды при минерализации 0,6 г/л. Местные литологические условия, биохимические процессы в озерах и антропогенное загрязнение определяют преобладание автономных гидрохимических фацций: гидрокарбонатно-сульфатных, гидрокарбонатно-натриевых и гидрокарбонатно-хлоридных.

IV<sub>2</sub>. *Дикаринский участок* преобладания ультрапресных озер зональных гидрокарбонатно-кальцевых вод. Озера расположены в эрозионно-карстовых логах и питаются трещинно-карстовыми гидрокарбонатно-кальцевыми водами с минерализацией 0,28–0,96 г/л. Минерализация озерных вод составляет 0,2–0,3 г/л в поверхностном слое и 0,4–0,8 г/л в придонных слоях.

V. Кунгурско-Иренский район ультрапресных, преимущественно гидрокарбонатно-кальциевых, гидрокарбонатно-сульфатных, слабосолоноватых и солоноватых сульфатно-кальциевых озерных вод. Он занимает правобережные части Ирени и Сылвы (выше г. Кунгура) и приурочен к западному крылу Уфимского вала. Карстующимися являются гипсы и ангидриты иренской свиты кунгурского яруса. Материалы по гидрохимии озер этого района автором опубликованы ранее [12, 13].

Большинство озер характеризуется низкой минерализацией воды. Они относятся к гидрокарбонатной формации (таблица). Это в основном кольматационные котловины междуречий с преимущественно атмосферным питанием. Пресные и слабосолоноватые озера с гидрокарбонатно-сульфатной и сульфатно-кальциевой водой приурочены к области стока карстовых вод, котловины их лежат в эрозионно-карстовых логах и имеют смешанное питание с преобладанием карсто-

## Гидрохимическая характеристика карстовых озер по районам

Район	Количество		Минерализация, г/л					Гидрохимические фации
	озер	проб	<0,5	0,5-1	1-3	3-5	>5	
I. Северный	38	110	20	4	9	2	3	$0,16 \frac{\text{HCO}_3\text{-Ca-13 (34 \%)} \cdot \text{SO}_4^2\text{Mg}_2\text{NO}_2^2\text{H}^2\text{SiO}_3^2}{\text{SO}_4\text{-Ca-13 (34 \%)}}, 16,2 \frac{\text{Cl-Na-3 (8 \%)} \cdot \text{HCO}_3^-\text{Cl}_4}{\text{SO}_4^2}$
II. Сергинцовско-Долгушинский	20	110	18	1	1	—	—	$0,19 \frac{\text{HCO}_3\text{-Ca-13 (65 \%)} \cdot \text{Na}_8\text{SO}_4^2\text{Cl}_2}{\text{Ca}_3\text{Cl}_3}, 16,2 \frac{\text{HCO}_3\text{-Na-3 (8 \%)} \cdot \text{Ca}_3\text{Cl}_3}{\text{Ca}_1}$ $0,08 \frac{\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-1 (5 \%)} \cdot \text{Ca}_1}{\text{Ca}_1}$
III. Камско-Чусовское междуречье	50	316	49	1	—	—	—	$0,14 \frac{\text{HCO}_3\text{-Ca-21 (42 \%)} \cdot \text{SO}_4^2\text{Na}_7\text{Cl}_5\text{Mg}_2}{\text{Ca}_7\text{Na}_3}, 0,09 \frac{\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-10 (20 \%)} \cdot \text{Ca}_7\text{Na}_3}{\text{Ca}_4\text{SO}_4^-\text{NO}_3^-\text{Cl}_1}$ $0,09 \frac{\text{HCO}_3\text{-NO}_3\text{-8 (16 \%)} \cdot \text{Na}_8\text{Ca}_7\text{SO}_4^-\text{Cl}_1}{\text{Ca}_4\text{SO}_4^-\text{NO}_3^-\text{Cl}_1}$
IV. Сылвинско-Сергинский	39	119	38	1	—	—	—	$0,17 \frac{\text{HCO}_3\text{-Ca-16 (41 \%)} \cdot \text{Na}_7\text{SO}_4^2\text{Cl}_3\text{Mg}_1}{\text{Ca}_7\text{Cl}_5\text{SO}_4^2}, 0,14 \frac{\text{HCO}_3\text{-Na-15 (38 \%)} \cdot \text{Ca}_7\text{Cl}_5\text{SO}_4^2}{\text{Ca}_7\text{Cl}_5\text{SO}_4^2}$
V. Кунгурско-Иренский	116	486	104	4	7	1	—	$0,14 \frac{\text{HCO}_3\text{-Ca-67 (58 \%)} \cdot \text{SO}_4^2\text{Na}_{20}\text{SiO}_3^-\text{Mg}_8\text{Cl}_6\text{NO}_3^-\text{Cl}_1}{\text{SO}_4^2\text{Na}_{20}\text{SiO}_3^-\text{Mg}_8\text{Cl}_6\text{NO}_3^-\text{Cl}_1}$

Район	Количество		Минерализация, г/л					Гидрохимические фации
	озер	проб	<0,5	0,5-1	1-3	3-5	>5	
VI. Кишертско-Суксунский	113	319	91	14	8	-	-	$0,17 \frac{\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-11 (9\%)}}{\text{Na}_7\text{Ca}_4}$ ; $1,7 \frac{\text{SO}_4\text{-Ca-8 (7\%)}}{\text{HCO}_3\text{Na}_1}$ , $0,22 \frac{\text{HCO}_3\text{-Ca-48 (43\%)}}{\text{SO}_4\text{Na}_1\text{Cl}_6\text{Mg}_5\text{NO}_3}$ ; $0,3 \frac{\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-39 (35\%)}}{\text{Ca}_{25}\text{Na}_{13}\text{Cl}_1}$ , $0,4 \frac{\text{HCO}_3\text{-Na-10 (9\%)}}{\text{Ca}_5\text{SO}_4\text{NO}_3}$ ; $1,58 \frac{\text{SO}_4\text{-Ca-8 (7\%)}}{\text{HCO}_3}$ .
	376	1460	320	25	25	3	3	

вых вод. Арсеновское озеро (у одноименной деревни в долине р. Кунгур) отличается солоноватой водой сульфатно-кальциевого состава (2,3–3,3 г/л) и представляет собой расширенные устья родников карстовых вод, разгружающихся в р. Кунгур. Смена гидрохимических формаций и фаций происходит на следующих пределах минерализации: до 0,25 г/л –  $\text{HCO}_3\text{--Ca--SO}_4$ ,  
0,25–0,5 г/л –  $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Ca}$ ,  
0,5–0,7 г/л –  $\text{SO}_4\text{--HCO}_3\text{--Ca}$ ,  
более 0,7 г/л –  $\text{SO}_4\text{--Ca--HCO}_3$ .

Из обследованных в районе 116 озер 103 имеют очень мягкую и мягкую воду, 5 – умеренно жесткую и 8 – жесткую и очень жесткую.

Озерные отложения представлены в основном торфянистыми илами с высоким содержанием кремнезема.

В районе выделяется четыре участка.  $V_1$ . *Кунгурский участок* ультрапресных гидрокарбонатно-кальциевых, гидрокарбонатно-натриевых и гидрокарбонатно-хлоридных вод. Озера приурочены к междуречьям Ирени и Сылвы, Сылвы и Шаквы в окрестностях г. Кунгура. Питание их преимущественно атмосферное. Наличие хлора и натрия в составе вод обусловлено бытовым загрязнением.

$V_2$ . *Сухоречинский участок* зональных ультрапресных гидрокарбонатно-кальциевых озерных вод. Минерализация изменяется от 0,04 до 0,1 г/л в озерах междуречья Ирени и Кунгура, имеющих атмосферное питание, и от 0,18 до 0,4 г/л на левобережье р. Ирени (окрестности д. Шубино), где озера в весеннее половодье пополняются более минерализованными речными водами. Третьими по весу компонентами являются ионы сульфата и магния, литологически обусловленные, и кремнезем. Последний присутствует в незначительных количествах (7–14 мг/л), но при малой минерализации воды (50–80 мг/л) он определяет гидрохимическую фацию.

$V_3$ . *Ординский участок* ультрапресных гидрокарбонатно-кальциевых и слабосоленых сульфатно-кальциевых озерных вод. В эрозионно-карстовых логах междуречья Сылвы и Ирени озера подпитываются карстовыми водами сульфатных отложений, поэтому вторым и третьим компонентом, даже при малой минерализации (до 0,1 г/л), часто является сульфат-ион. В небольших количествах он может поступать со стоком атмосферных вод, так как мощность покровных отложений в данном районе незначительна. Воды сульфатной формации отмечены в озерах окрестностей д. Климиха, расположенных в области стока карстовых вод, разгружающихся в р. Ирени и питающихся ими. На этом же участке на-



ходится вышеописанное Арсеновское родниковое озеро.

У4. *Шляпниковский* участок зональных ультрапресных гидрокарбонатно-кальциевых и загрязненных гидрокарбонатно-натриевых, гидрокарбонатно-хлоридных вод. Это озера междуречья Ирени и Сылвы, питающиеся в основном атмосферными водами. Одно озеро в д. Шляпники отличается хлоридно-натриевым составом воды при минерализации 0,17 г/л. Оно расположено у фермы и используется для водопоя скота.

У6. Кишертско-Суксунский район преобладания гидрокарбонатно-кальциевых, гидрокарбонатно-сульфатных и сульфатно-кальциевых озерных вод. Он занимает среднее Сылвинское поречье, приурочен к восточному крылу Уфимского вала и характеризуется интенсивным сульфатным карстом. Первоисследователем гидрохимии озер этого района является К. А. Горбунова; часть химических анализов воды заимствована автором из опубликованных ею работ [3]. Среди гидрохимических фаций озерных вод гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-сульфатные составляют 78 %. Широкое развитие автономных гидрохимических фаций отличает этот район от других (таблица). Смена гидрохимических фаций и формаций происходит при несколько других значениях минерализации в сравнении с Кунгурско-Иренским районом: до 0,25 г/л –  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ,

0,25–1 г/л –  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ ,

1–1,2 г/л –  $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca}$ ,

более 1,2 г/л –  $\text{SO}_4\text{-Ca-HCO}_3$ .

Озерная вода в основном мягкая. Только 7 % озер обладают очень жесткой водой (более 9 мг/экв). Отмечено как естественное, так и антропогенное загрязнение вод.

Отложения озер характеризуются повышенным содержанием кремнезема, а в высокоминерализованных – карбоната кальция.

В районе выделено 5 участков: У6.1. *Северный* участок ультрапресных гидрокарбонатно-кальциевых и гидрокарбонатно-сульфатных вод включает междуречье Сылвы и Шаквы (севернее Кишерты). Из 24 озер 4 с преимущественно подземным питанием, сульфатно-кальциевой водой, минерализацией 0,6–1,8 г/л.

У6.2. *Кишертский* участок преобладания автономных гидрокарбонатно-сульфатных и зональных гидрокарбонатно-кальциевых озерных вод. Карстовые озера сосредоточены на I и II надпойменных террасах р. Сылвы в области стока карстовых вод. Минерализация озерных вод несколько вы-

ше, чем на Северном участке и составляет 0,27–0,6 г/л. В долине р. Кишертки 4 озера являются гидрогеологическими окнами разгрузки карстовых вод, стекающих с водораздела через долину Кишертки в Сылву. Минерализация их 1,3–1,4 г/л (в озере Зуевском – 2,0 г/л), состав воды сульфатно-кальциевый.

VI<sub>3</sub>. *Мазуевско-Дикоозерский* участок преобладания ультрапресных гидрокарбонатно-кальциевых и гидрокарбонатно-сульфатных озерных вод. Он объединяет озера Бурцевской, Дикоозерской и Мазуевской карстовых депрессий. Стадии развития озерных котловин во многом определяют соотношение источников питания, минерализацию и состав воды. Из 22 только 4 озера относятся к сульфатной формации (в Мазуевской депрессии). Большое Мазуевское озеро и Светлая Яма питаются карстовыми водами; характеризуются сульфатно-кальциевой водой с минерализацией 0,8–1,6 г/л. В долине р. Мазуевки находятся два родниковых озера, через котловины которых разгружаются карстовые воды в речку Мазуевку. Минерализация воды в них 1,9 г/л, состав сульфатно-кальциевый. Источник карстовых вод, выходящих несколько выше по склону, имеет те же гидрохимические показатели.

VI<sub>4</sub>. *Суксунско-Советинский* участок ультрапресных гидрокарбонатно-кальциевых и гидрокарбонатно-сульфатных вод объединяет озера одноименной депрессии. Третьими компонентами являются обычно биохимически обусловленные натрий и нитраты.

VI<sub>5</sub>. *Иргинский* участок ультрапресных гидрокарбонатно-кальциевых и гидрокарбонатно-натриевых вод. Атмосферное питание озер определяет низкую минерализацию и зональный состав вод. Наличие в значительном количестве натрия обусловлено заболачиванием котловин.

Таким образом, карстовые озера в рассмотренных гидрохимических районах относятся к трем гидрохимическим формациям: преобладающей гидрокарбонатной, сульфатной и хлоридной, характеризующимися определенной минерализацией воды. Зональные гидрокарбонатно-кальциевые фации обусловлены комплексом геологических, гидрогеологических факторов, стадией развития озерных котловин и процессами, протекающими в них.

Предложенное районирование в целом отражает химическую географию карстовых озер равнинной части Пермской области. По мере накопления фактического материала оно будет уточняться и совершенствоваться.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бутырина К. Г. Карстовые озера бассейна нижней Косьвы. – В кн.: Гидрогеология и карстоведение, вып. 3. Пермь, 1966.
2. Горбунова К. А. Карстовые озера Пермской области. – В кн.: Гидрогеология и карстоведение, вып. 2. Пермь, 1964.
3. Горбунова К. А. Особенности гипсового карста. Пермь, 1965.
4. Горбунова К. А., Бутырина К. Г., Яценко Р. В. Химическая география озерных вод и льда. – В кн.: Хим. геогр. и гидрогеохимия Пермской области. Пермь, 1967.
5. Максимович Г. А. Химическая география вод Суши. М., Географизд, 1955.
6. Максимович Г. А., Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958.
7. Максимович Г. А., Яценко Р. В. Генетические типы и эволюция котловин карстовых озер Пермской области. – В кн.: Гидрогеология и карстоведение, вып. 5. Пермь, 1974.
8. Шестов И. Н., Шурубур А. В. Химический состав вод некоторых озер Предуральяского прогиба. – В кн.: Хим. география и гидрогеохимия, вып. 2 (3). Пермь, 1963.
9. Яценко Р. В. Химическая география карстовых озер Чусовской стрелки Камского водохранилища. – В кн.: Хим. география, вып. 1. Пермь, 1961.
10. Яценко Р. В. Гидрохимические фации озер карбонатно-гипсового карста. – В кн.: Хим. география и гидрогеохимия, вып. 2 (3). Пермь, 1963.
11. Яценко Р. В. Озерные льды. Химическая география озерных, вод и льда. – В кн.: Хим. география и гидрогеохимия Пермской области. Пермь, 1967.
12. Яценко Р. В. К химической географии карстовых озер Иренско-Сылвинского междуречья. – Матер. совещ. по полезным ископаемым карст, полостей и впадин и др. вопросам карстоведения. Пермь, 1969.
13. Яценко Р. В. Озера Сылвинско-Шаквинского междуречья. – В кн.: Вопросы физической географии Урала, вып. 2. Пермь, 1975.

УДК 551.481.2

А. В. РУССКИХ  
Пермский университет  
Ю. М. УСТИЮГОВ  
Кировский пединститут

### КАРСТОВОЕ ОЗЕРО ШАЙТАН

Озеро Шайтан – памятник природы Кировской области. Оно описано как редкий пример водоема с сифонной циркуляцией воды и внезапными (непериодическими) выбросами ее на поверхность [4]. Достопримечательностью озера являются

также плавающие острова. Авторы статьи предлагают карстооведам материал своих наблюдений, конкретизирующий сведения об этом озере. В основу описания положена батиметрическая схема (масштаб 1:500, рис. 1), составленная авторами в 1972 г.

Карстовое озеро Шайтан расположено на границе Уржумского и Лебяжского районов близ Марийской АССР. Оно лежит в глубокой котловине на поросшем склоне водораздела рек Байсы и Буй. Северо-западный и северный склоны котло-

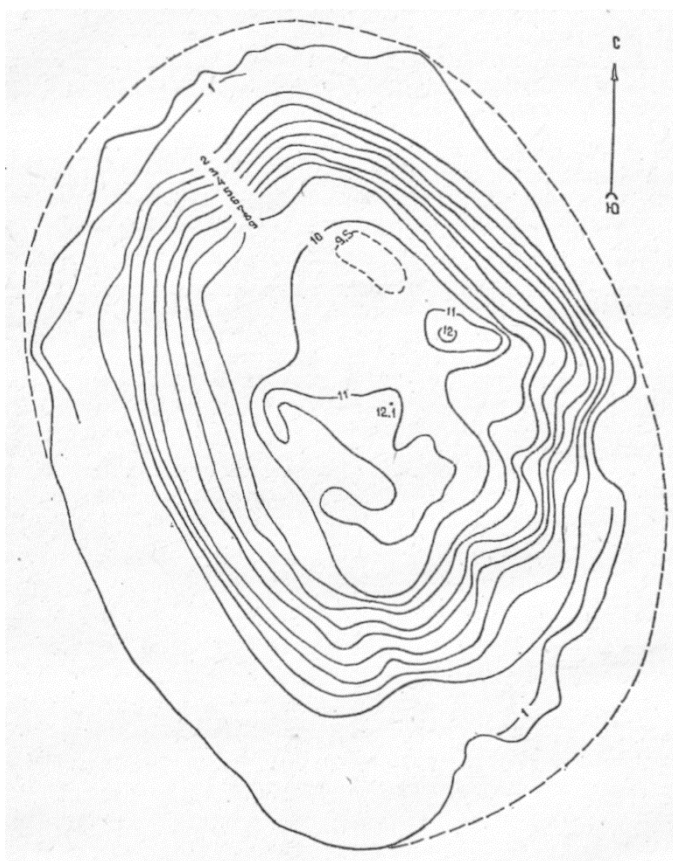


Рис. 1. Батиметрическая карта озера Шайтан

вины крутые, высотой около 5 м, у здания Буйского лесничества повышаются до 9–10 м. Противоположный край котловины низменный, его высота не более 3 м.

Если условия питания озера (наличие сифонной циркуляции воды) позволяют отнести котловину озера к родниково-озерному генетическому типу, то по условиям стока и занимаемому месту в рельефе ее можно отнести к горизонтальной гидродинамической зоне, в которой развиваются озера с котловиной провального типа [3].

На основании вышеизложенного приходим к выводу, что озеро Шайтан расположено в переходной гидродинамической зоне (горизонтальной и сифонной), следовательно, в формировании котловины участвовали процессы, характерные для обоих генетических типов озерных котловин.

Котловина озера овальной формы, ориентирована в направлении северо-запад-юго-восток, но эта ориентировка скрыта сплавной (на предлагаемой батиметрической карте район, занимаемый сплавной, выделен пунктирной линией), что придает озеру форму овала, длинной осью ориентированной в направлении север-юг.

Длина озера 240 м, ширина 180 м. Площадь водного зеркала 2,9 га, максимальная глубина 12,1 м.

По условиям водного питания и разгрузки озеро относится к подземно-проточным [2]. В настоящее время на стадии зарастания в питании озера не последнее место занимают атмосферные осадки. Подземное питание также имеет место. Об этом свидетельствует низкая температура воды.

Выброс воды над поверхностью озера авторами не наблюдался, но его существование представляется несомненным, так как его наблюдало несколько очевидцев. В 1927 г. выброс наблюдал главный хранитель фондов областного краеведческого музея, ныне пенсионер А. Д. Фокин. По его рассказу, место выброса совпадает с переуглубленной частью озера. Водяной столб, поднявшийся над поверхностью озера на 1,5 м, в диаметре был около метра и немного был наклонен в сторону кардона (северо-запад). Продолжительность явления выброса небольшая, но точное время не указывается. Последний выброс воды наблюдался 29 сентября 1972 г. лесником Буйского лесничества. Он обусловлен, вероятно, существующей в озере сифонной циркуляцией воды. В геологическом отношении озеро расположено в зоне дислоцированных пород Вятского вала. Казанские отложения, залегающие близко к поверхности, представлены на участке озера известняками, гипсами. Все это делает вероятным существование трещинных напорных вод.

Место выброса воды, по всей видимости, совпадает с местами, оконтуренными на батиметрической карте изобатой 11 м. Объяснить механику выброса на данном этапе обследо-

вания, за неимением достаточного геологического материала, не представляется возможным.

В 1975 г. группа кировских аквалангистов обследовала дно озера, пытаясь найти напоры, но при нулевой видимости работы были безрезультатны. Дно озера заторфовано, мощность торфа у берега в северо-западной части 2,6 м. Единичный химический анализ пробы, отобранной с глубины 6 м, показал следующее: жесткость 0,6 мг/экв, минерализация 0,075 г/л с преобладанием ионов гидрокарбоната, натрия и кальция. Вода относится к гидрокарбонатно-натриево-кальциевому типу.

При составлении батиметрической карты на озере проводились работы по выявлению течений. Очень медленно, но постоянно глубинные поплавки, запущенные в разных участках озера, двигались и собирались в 30–40 м от юго-восточного берега. Это позволяет сделать вывод о существовании глубинного течения в юго-восточном направлении. Поверхностные же поплавки, запущенные одновременно с глубинными, обычно через несколько минут уже были прибиты ветром к берегу. Глубинное течение отражается на поверхности следующим образом: после безветренной ночи на поверхности озера в юго-восточной его части можно увидеть неправильную, но довольно четкую спираль из цветочной пыльцы.

Интересен не только гидрогеологический режим озера, но и плавающие острова или оторванные куски сплавины (рис. 2). В 1972 г. на озере насчитывалось 27 островков площадью от 0,8 до 15 м<sup>2</sup>. Мощность оторванной сплавины 70–80 см. Передвижение островов по озеру происходит не под прямым действием ветра, так как кусты, растущие на островках, березки с жидкими кронами не могут служить для островков парусами. Как часто пишут в заметках об озере, передвижение островков происходит под влиянием, во-первых, глубинного течения (это подтверждается тем, что острова чаще всего находятся у юго-восточного берега), во-вторых, сгонно-нагонных колебаний уровня воды в озере. Существует народная примета: если острова приплыли к северо-западному берегу, то следует ожидать плохой погоды. Именно с северо-западным ветром связано выпадение осадков. Нагон воды ветром обусловлен тем, что эта часть берега занята хозяйственными постройками, которые отодвинули лес от края берега, предоставив ветру большую свободу. С других же сторон лес подходит к берегу вплотную.

Низкая минерализация, ионный состав воды озера и большая мощность торфяных отложений позволяют заключить [1], что озеро находится в стадии зарастания. Зарастанию озера

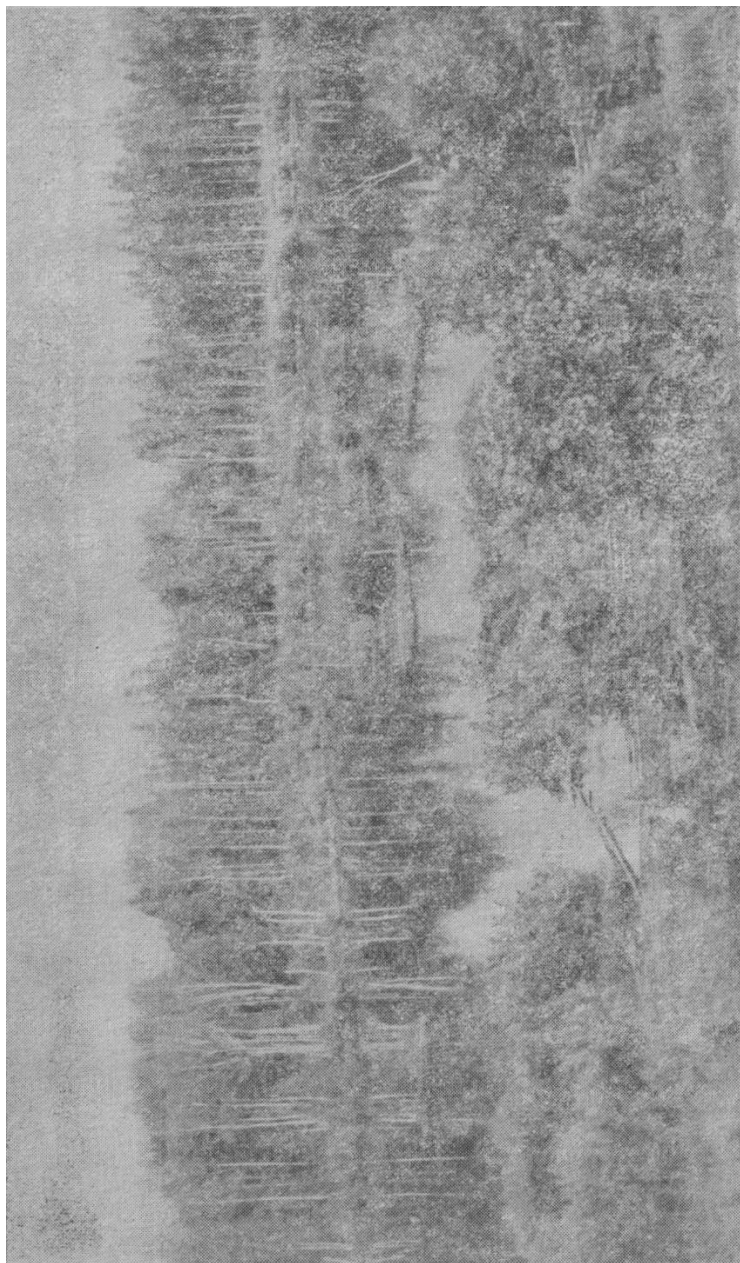


Рис. 2. Плавучие острова

способствуют антропогенные факторы: распаивается под посев восточный берег озера, в 60-х годах был нарушен гидрологический режим озера спуском в него воды из болота, что привело к гибели близрастущих берез. Несомненно, сброшенные воды с болота обусловили изменение видового состава водорослей. Кроме того, острова часто «привязываются» к берегу – это тоже способствует зарастанию озера сплавиной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунова К. А., Бутырина К. Г., Яценко Р. В. Карстовые озера. – В кн.: Химическая география вод и гидрогеохимия Пермской области. Пермь, 1967.
2. Максимович Г. А. Основы карстования, т. 1, гл. VI. Пермь, 1963.
3. Максимович Г. А., Яценко Р. В. Генетические типы и эволюция котловин карстовых озер Пермской области. – В кн.: Гидрогеология и карстование, вып. 5. Пермь, 1974.
4. Полякова А. Л. Озеро Шайтан. – В кн.: Примечательные природные ландшафты СССР и их охрана / Под ред. Л. К. Шапошниковой. М., Наука, 1967.

УДК 556.388.2 + 550.834(471.53)

Л. А. ШИМАНОВСКИЙ, Г. А. СЫЧКИНА, Э. В. КУПИ,  
Пермский университет

### **О ВЛИЯНИИ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ В РАЙОНЕ УСЬВИНСКОГО ВОДОЗАБОРА**

Охрана и рациональное использование природных ресурсов, в том числе и подземных вод, является важной государственной задачей. Для сохранения водных ресурсов от истощения и загрязнения в соответствии с Постановлением Верховного Совета СССР [3] по договору с трестом Пермнефтегеофизика Пермским университетом проводится изучение степени влияния сейсмических исследований на подземные воды с выделением территорий, где возможно и где противопоказано проведение сейсморазведочных работ. Первым этапом этой работы были исследования, проведенные в районе Лысьвинского водозабора [7]. В 1975 г. исследовался водосборный бассейн р. Усьвы, представляющий собой второй и третий пояса водоохранной зоны Усьвинского водозабора. Здесь согласно «Инструкции по установлению зон санитарной охраны хозяйственно-питьевых водопроводов с подземными источниками водоснабжения» [1] возможно проведение строи-



тельных и других работ по согласованию с организациями Госсаннадзора.

Трестом Пермнефтегеофизика во исполнение директив XXVI съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР должны были проводиться сейсморазведочные работы на землях, входящих во второй и третий пояса водоохранной зоны Усьвинского водозабора. Для проведения сейсмических работ в бассейне р. Усьвы площадью 3100 км<sup>2</sup> необходимо обоснованное заключение гидрогеологов. Это и явилось основанием проведения наших исследований. Предстояло установить влияние сейсмических взрывов на водопроводящие свойства пород и подземные воды в районе водозабора и возможность производить сейсмические взрывы во втором и третьем поясе водоохранной зоны.

Водосборный бассейн р. Усьвы, кроме четвертичного, включает сменяющие друг друга с запада на восток водоносные комплексы от кунгурского до протерозойско-нижнепалеозойского [8]. Для обеспечения сохранности Усьвинского водозабора от истощения и загрязнения необходимо оценить гидравлическую связь подземных вод всех комплексов, радиус и степень влияния сейсморазведочных работ на подземные и речные воды в бассейне р. Усьвы.

Опыта подобных исследований нет. Однако наблюдения первого из авторов, проведенные с 1958 по 1970 г., и первые экспериментальные исследования в районе Лысьвинского водозабора [7] показали, что степень и характер влияния взрывных работ на подземные воды определяются особенностями обводненности толщ, мощностью зоны пресных и глубиной залегания минерализованных вод, величиной и глубиной заложения зарядов. Разрушение водоупорных слоев может привести к исчезновению водоносного горизонта. В случае, если зона разрушения выходит за пределы зоны пресных вод, возможен подток минерализованных вод.

Исследуемая территория относится к гидрогеологической провинции Предуральского прогиба, включающей кунгурский терригенный комплекс, и к провинции подземных вод складчатого Урала, в которой развиты ассельско-артинский, девонский терригенные, визейско-артинский, франско-турнейский, ордовикско-силурийский, протерозойско-нижнепалеозойский карбонатные, эйфельско-живетский терригенно-карбонатный водоносные комплексы; а также западноуральский и па- шийский спорадически обводненные водоупоры [8]. В Предуральском прогибе кунгурский комплекс характеризуется почти горизонтальным залеганием и занимает большую площадь. В пределах же Урала водоносные комплексы, отличаю-

щаются значительными углами падения в западном направлении, выходят на поверхность узкими полосами почти меридионального простирания. Подземные воды дренируются речной сетью, которая и определяет направление грунтового стока. Более глубоко залегающие трещинно-пластовые, карстовые и жильные ненапорные и напорные воды частично дренируют-

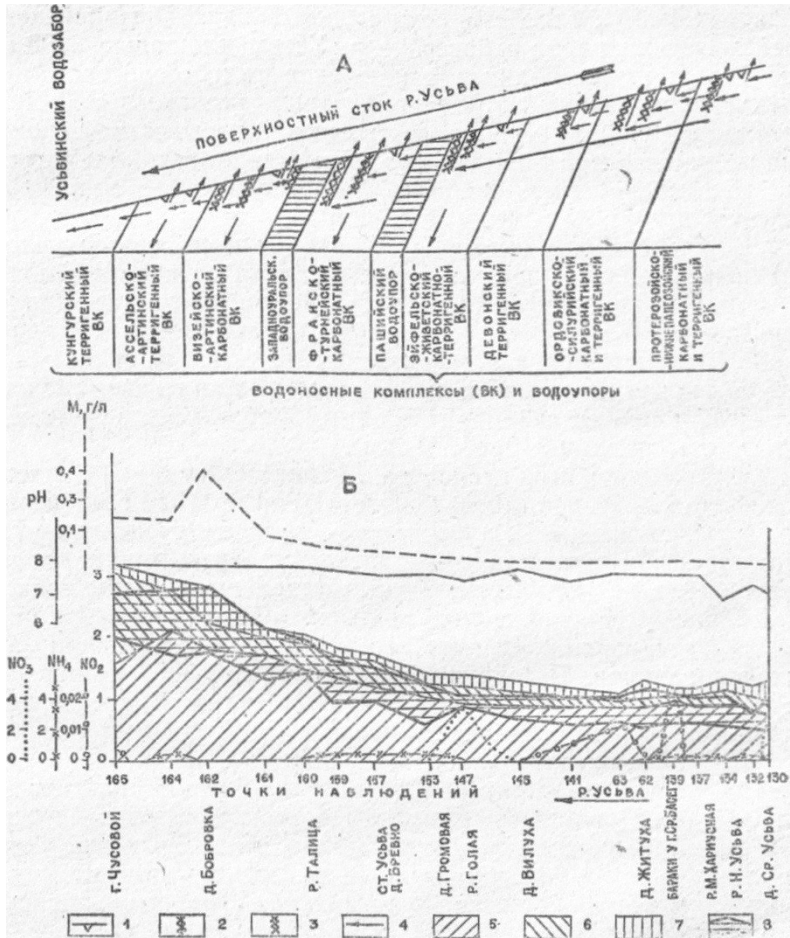


Рис. 1. Схема стока подземных и поверхностных вод в бассейне р. Усьвы (А) и гидрохимический профиль по р. Усьве от д. Ср. Усьва до г. Чусового (Б); А. 1 – речные долины; водообильные зоны: 2 – тектогенные; 3 – контактные и карстовые; 4 – направление стока подземных вод. Б. Содержание компонентов: 5 –  $\text{HCO}_3^-$ ; 6 –  $\text{SO}_4^{2-}$ ; 7 –  $\text{Cl}^-$ ; 8 – Mg; выше зоны магнезия – Na + K; ниже – Ca (мг-экв/л)

ся речной сетью, а ниже дренирующего влияния рек образуют региональный сток на запад по падению пластов (рис. 1, А). Воды этой части разреза разгружаются в линейные водообильные зоны, связанные с тектоническими нарушениями, литологическими контактами и карстом [4]. Они имеют меридиональную или субмеридиональную ориентировку и перехватывают часть подземного стока, переводя его в поверхностный. Часть подземного стока, не дренированного речными долинами и водообильными зонами, подчиняясь падению пластов, поступает вглубь, пополняя воды зоны затрудненной циркуляции, питая эти же водоносные комплексы Волго-Уральского артезианского бассейна.

Наибольшую роль в изменении характера стока играют литогенные контактные водообильные зоны, обусловленные барражирующим влиянием водоупорных или слабо проницаемых пород. Одна водообильная зона связана с региональным пашийским водоупором. Она изолирует подземный сток всей восточной части бассейна р. Усьвы от комплексов, расположенных к западу, т. е. ниже по потоку от выходов пашийского водоупора. Второй региональный водоупор – западноуральский – исключает поступление вод франско-турнейского комплекса в визейско-артинский. Существование третьей зоны обусловлено контактом визейско-артинского карбонатного и ассельско-артинского терригенного комплексов. Пашийский и западноуральский региональные водоупоры и мало проницаемая толща ассельско-артинских отложений и связанные с ними водообильные зоны, переводящие сток в поверхностный, разделяют бассейн р. Усьвы на изолированные площади. Они исключают поступление в кунгурский водоносный комплекс подземных вод всех комплексов, расположенных к востоку, начиная с визейско-артинского. Незначительная гидравлическая связь существует между ассельско-артинским и кунгурским терригенными комплексами. Следовательно, какое-либо изменение фильтрационных свойств пород или ухудшение состава подземных вод после взрывов в пределах всех водоносных комплексов, расположенных восточнее ассельско-артинского, не изменит гидрогеологических параметров кунгурского водоносного комплекса.

Единственным источником загрязнения может служить р. Усьва, имеющая наиболее глубоко врезанную долину и пересекающая все распространенные в районе водоносные комплексы. Поэтому необходимо установить расстояния, на которые переносятся рекой продукты загрязнения от источников загрязнения. С этой целью обследована долина

р. Усьвы от д. Ср. Усьва до г. Чусового (рис. 1, Б). Для речных вод здесь характерен гидрокарбонатно-кальциевый состав с минерализацией, закономерно возрастающей вниз по течению от 0,1 до 0,25 г/л за счет повышения содержания  $\text{HCO}_3$ , Ca и в меньшей степени  $\text{SO}_4$  ионов. Минерализация возрастает в районах постоянных источников загрязнений – населенных пунктов. Уменьшение минерализации до фоновых значений в результате разбавления и самоочищения происходит на расстоянии 4 км от источников загрязнения.

Основные показатели, фиксирующие поступление загрязняющих стоков, – наличие  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , окисляемость. По их появлению выделяются очаги загрязнения, приуроченные на исследуемой территории к районам деревень Ср. Усьва, Н. Усьва (по  $\text{NH}_4$ ), Житуха, Громовая, Бревно, ст. Усьва, барачков у горы Бассег и у г. Чусового, а также у устьев рек М. Хариусная и Голая. Самоочищение рек происходит на расстоянии от 2 до 5 км от источников загрязнения.

Для экспериментальных исследований влияния сейсморазведочных работ на подземные воды и водопроявляющие свойства пород были выбраны два участка. На каждом из них на различных расстояниях от скважин, в которых производились взрывы, выбирались наблюдательные точки – родники, колодцы, скважины, ручьи. В них изучались уровни, дебиты, физические свойства, минерализация и химический состав воды до взрывов, сразу после взрывов, в течение первых суток, через неделю и через месяц после проведения взрывных работ. По изменению этих показателей определялись степень и радиус влияния сейсморазведочных работ на подземные воды. Глубина сейсмических скважин и вес зарядов выбирались в соответствии с принятой в тресте методикой.

Первый опытный участок у пос. Рассольный – д. Троицкое расположен в Кизеловском районе на площади распространения терригенного протерозойского-нижнепалеозойского водоносного комплекса. Для него в соответствии с сильной вертикальной расчлененностью рельефа [5] характерна значительная (более 100 м) мощность зоны пресных вод [6]. Этот участок находится вне водоохранной зоны, в бассейне р. Косьвы, но поскольку гидрогеологические условия этого комплекса одинаковы на всем его протяжении [8], то результаты, полученные здесь, являются достоверными и для всего комплекса. Кроме того, гидрогеологическая характеристика протерозойско-нижнепалеозойского и терригенных ордовикско-силурийского и девонского комплексов очень сход-

ны. Поэтому результаты, полученные на опытном участке, будут характерны для всех терригенных комплексов. Наблюдения проводились в десяти родниках, одном колодце и в ручье, расположенных от сейсмических скважин на 80–820 м. Заряды весом до 20,8 кг тротила помещались на глубинах 20–45 м, несколько ниже зеркала подземных вод. Наблюдения в контрольных пунктах показали, что после про-

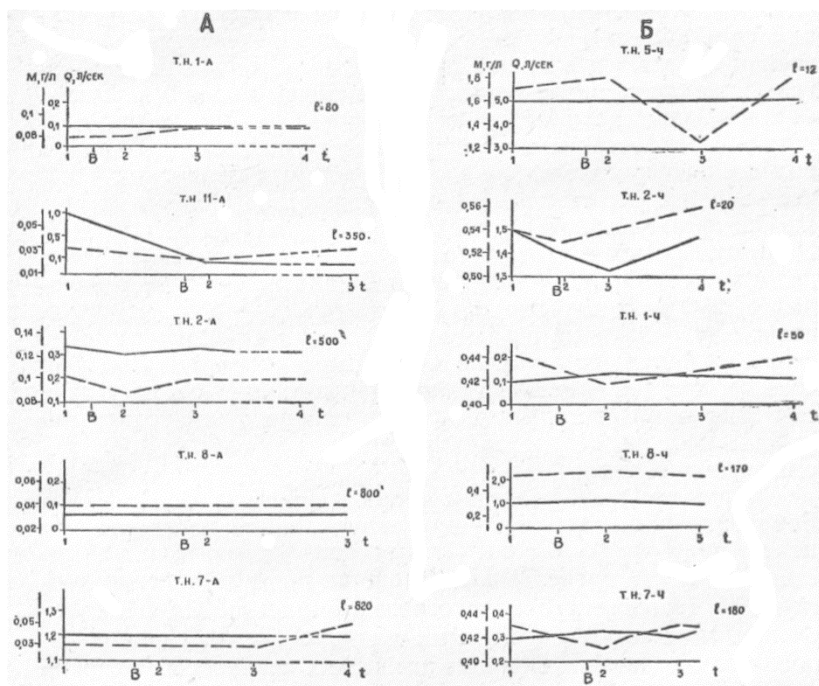


Рис. 2. Изменение минерализации ( $M$ ) и дебита ( $Q$ ) подземных вод во времени ( $t$ ) на опытном участке в р-не пос. Рассольный – д. Троицкое ( $A$ ) и дд. В. Калино – Бобровка ( $B$ ):  $A$  – опробования: 1 – до взрыва; 2 – в течение первых суток; 3 – через неделю; 4 – через месяц после взрыва;  $B$  – опробования: 1 – до взрыва; 2 – в течение первых часов; 3 – через сутки; 4, 5 – в течение первой недели после взрыва;  $B$  – взрыв;  $l$  – расстояние от точки наблюдения до пункта взрыва, м

ведения взрывов физические свойства подземных вод не менялись. Дебит родников практически оставался постоянным (рис. 2,  $A$ ). Только в одном роднике, расположенном в 350 м от сейсмической скважины, дебит снизился с 0,9 до 0,1 л/с и сохранялся таким в течение недели после взрыва.

Состав подземных вод до и после взрыва устойчиво сохранялся гидрокарбонатно-кальциевым. Минерализация практически осталась без изменения (рис. 2, А). Иногда после взрывов отмечались изменения минерализации в пределах 0,01–0,03 г/л, но в течение недели в большинстве наблюдательных точек зафиксировано восстановление прежнего уровня минерализации. Показатели загрязнения вод (наличие  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , окисляемость) после взрывов не увеличились (таблица). В местах источников загрязнения (лесовозная дорога, населенный пункт) отдельные показатели загрязнения до и после взрывов оставались высокими. Таким образом, проведение взрывов зарядами до 20,8 кг на площади распространения протерозойско-нижнепалеозойского водоносного комплекса не влечет заметных изменений в качественной и количественной характеристике подземных вод. Показатели загрязнения после взрывов не увеличиваются. Поэтому можно считать, что проведение взрывных работ в пределах терригенных комплексов Урала при величине заряда до 20,8 кг и глубине его заложения 20–45 м возможно, поскольку работы не оказывают влияния на водопроводящие свойства пород и не ухудшают физических свойств и химического состава подземных вод. Расстояние сейсмических скважин от водоисточников должно определяться только наличием поверхностного загрязнения при обслуживании сейсмических скважин.

Второй опытный участок выбран у деревень В. Калино и Бобровка Чусовского района, в юго-западной части второго пояса водоохранной зоны Усьвинского водозабора, а частично – за его пределами, на площади распространения кунгурского терригенного водоносного комплекса. Он обладает сложными и неблагоприятными для проведения взрывов условиями. По данным гидрогеологических скважин и родников на опытном участке отмечено переслаивание небольших по мощности линз и прослоев песчаников, конгломератов, аргиллитов, доломитов, гипсов и ангидритов, определяющих наличие нескольких маломощных и плохо выраженных по простиранию водоносных толщ, разделенных водоупорами. Поэтому глубина залегания минерализованных (более 1 г/л) подземных вод колеблется от 21 до 129 м, а мощность зоны пресных вод изменяется от 0 до 105 м. Здесь выделены участки, где минерализованные воды залегают на глубине 15–45 м, а мощность зоны пресных вод составляет 10–30 м, и участки с резкими колебаниями этих параметров. Величина зарядов достигала 31,2 кг тротила. Глубина их заложения – 5–40 м. Наблюдае-

**Содержание показателей загрязнения подземных вод на опытных участках (мг/л)**

Точка наблюдения	NH <sub>4</sub>				NO <sub>2</sub>				NO <sub>3</sub>				Окисляемость			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Участок 1 р-н пос. Рассольный – д. Троицкое с опробованием до взрыва (I), в течение первых суток (II), через неделю (III), и через месяц (IV) после взрыва																
1-А	0	0	0	0,1	сл.	0	сл.	сл.	0	0	0	0	2,7	2,39	2,39	4,26
2-А	0,1	0,1	0,1	0	сл.	0,07	0,01	0,02	14,45	14,45	14,45	13,07	2,23	2,23	3,77	2,51
7-А	0,1	0,1	0,1	0	сл.	сл.	0	0,05	0	0	0,01	0	3,3	3,7	0	2,72
8-А	0,1	сл.	0	н. с.	сл.	сл.	0,01	н. с.	0,34	2,1	0	н. с.	1,77	1,31	2,0	н. с.
11-А	0,4	0,5	0,4	н. с.	0	сл.	сл.	0	0	0	0	н. с.	22,0	11,4	22,0	н. с.
Участок 2 р-н д. В. Калино – Бобровка с опробованием до взрыва (I), в течение первых часов (II), через сутки (III), в течение первой недели (IV) после взрыва																
1-4	0	0	0,01	н. с.	0,01	0,01	0,01	н. с.	3,8	3,8	3,8	н. с.	3,84	2,46	2,88	н. с.
2-4	0,15	0,1	0,1	0	0,01	0,01	0,01	0,01	3,27	1,72	0	0	3,28	2,72	2,16	2,0
5-4	0,6	2,1	3,0	3,0	0,01	0,05	0,6	0,05	3,44	0	0	0	0,8	1,12	1,6	1,2
7-4	0,1	СЛ	0	0	0,01	0,01	0,01	0,03	0	1,03	0	0	2,4	2,56	2,24	1,76
8-4	0	0	0,1	н. с.	0,01	0,01	0,01	н. с.	2,06	0	0	н. с.	1,6	1,68	2,0	н. с.

Fe в пробах не обнаружено; н. с. – нет сведений.

ния проводились в двух скважинах и шести родниках, расположенных на расстояниях от 12 до 180 м.

Наблюдениями установлено: физические свойства в контрольных точках после взрывов не изменились; дебиты в трех контрольных пунктах (рис. 2, Б) из восьми после взрывов остались без изменения (расстояние от взрывов 12–70 м), в четырех (расстояние 30–180 м) увеличились на 0,02–0,2 л/с и в одном (расстояние 20 м) сократились на 0,17 л/с. Изменения в десятых долях наблюдаются в радиусе до 40 м от точки взрыва, а при удалении от 40 до 180 м изменения составляют лишь сотые доли л/с. При последующих наблюдениях отмечена тенденция к восстановлению первоначальных значений дебитов.

Во всех родниках, характеризующих зону пресных вод, состав подземных вод до и после взрыва оставался гидрокарбонатно-кальциевым, а изменения минерализации на расстоянии 30–180 м не превышали сотых долей граммов на литр. В двух самоизливающихся скважинах в зоне минерализованных вод после взрыва на расстоянии 12–40 м произошло уменьшение минерализации на 0,48–0,56 г/л при неизменном сульфатнокальциевом составе. При последующих опробованиях отмечены первоначальные значения минерализации подземных вод. Показатели загрязнения (наличие NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, окисляемость) после взрывов не увеличились (таблица).

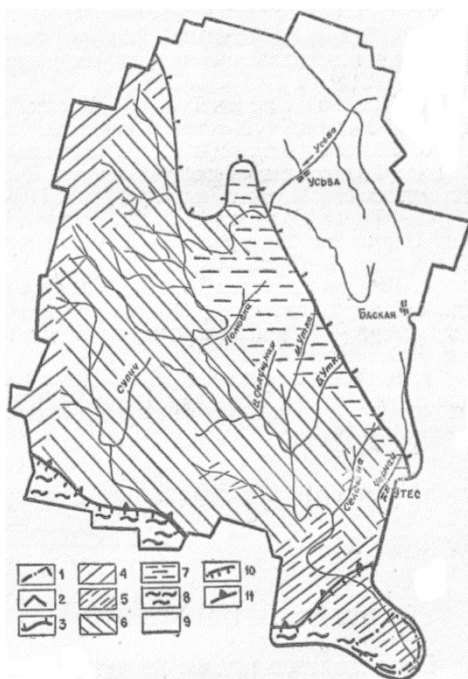
Таким образом, взрывы с весом заряда до 31,2 кг тротила при мощности зоны пресных вод 10–30 м оказывают влияние на дебиты родников и скважин, а также на минерализацию подземных вод в радиусе до 40 м.

Поскольку водоносные комплексы Урала гидравлически достаточно надежно изолированы от комплексов Предуралья (рис. 1, А), то по разработанной нами методике были построены карты залегания минерализованных и мощности зоны пресных вод только для гидравлически связанных кунгурского и ассельско-артинского терригенных водоносных комплексов Предуралья. С учетом результатов опытных работ на участке В. Калино – Бобровка дается районирование территории по условиям проведения сейсморазведочных работ в бассейне р. Усьвы (рис. 3). Поскольку при глубине залегания минерализованных вод от 15 до 45 м и мощности зоны пресных вод от 10 до 30 м незначительное влияние взрывных работ при весе заряда до 31,2 кг проявляется в радиусе до 180 м, при этом сколько-нибудь существенного истощения и загрязнения поверхностных вод не отмечено, то на территории с большей мощностью зоны пресных вод проведение сейсморазведочных работ с теми же весами зарядов вполне допустимо. Это вся



площадь распространения ассельско-артинского и восточная часть площади развития кунгурских водоносных комплексов. Однако, учитывая некоторое влияние взрывов на подземные

Рис. 3. Схема районирования бассейна нижнего течения р. Усьвы по условиям проведения сейсмических работ (в пределах второго пояса санитарной охраны Усьвинского водозабора).  
 Границы: 1 – первого пояса водоохранной зоны; 2 – второго пояса водоохранной зоны; 3 – контактная водообильная зона.  
 Площади с глубиной залегания минерализованных подземных вод (числитель), мощностью зоны пресных подземных вод (знаменатель) в м. 4 – 0–45/0–20; 5 – 15–45/10–30; 6 – 45–90/30–60; 7 – 90–130/60–100; 8 – 21–129/0–105 (резкие колебания); 9 – область распространения водоносных комплексов, гидравлически не связанных с кунгурским терригенным комплексом; 10 – районы, где сейсмические работы с применением глубоких (до 45 м) скважин противопоказаны; 11 – сейсмические работы с применением сейсмических скважин глубиной до 45 м и весом заряда тротила до 31 кг возможны, за исключением площадей, прилегающих к действующим водоисточникам в радиусе 1 км



воды, следует исключить возможность проведения сейсморазведочных работ в радиусе 1 км от водоисточников. Из этой территории нужно исключить площадь, прилегающую к первому поясу зоны санитарной охраны в радиусе 5 км. Пятикилометровый пояс «обеспечения» позволит полностью устранить возможное влияние разведочных работ на качество подземных вод, поскольку на расстоянии 5 км в реке «исчезают» все показатели загрязнения, связанные с постоянно существующими долговременными источниками загрязнения.

Территория, прилегающая к западной и южной границам второго пояса водоохранной зоны, где глубина залегания минерализованных вод от 0 до 45 м или резко колеблется, а мощ-

ность зоны пресных вод от 0 до 30 м или колеблется от 0 до 105 м, должна быть оценена как территория, где проведение сейсморазведочных работ противопоказано.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по установлению зон санитарной охраны хозяйственно-питьевых водопроводов с подземными источниками водоснабжения. М, 1956.
2. Методическое указание по предупредительному санитарному надзору. М., 1961.
3. О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов. Постановление Верховного Совета СССР от 20. 09. 1972 г.
4. Шимановский Л. А. Классификация и типы водообильных зон. – В кн.: Гидрогеология и карстование, вып. 7. Пермь, 1975.
5. Шимановский Л. А. Энергия рельефа Пермской области. – В кн.: Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала. Пермь, 1977.
6. Шимановский Л. А., Кунц Э. В. Мощность зоны пресных вод Пермского Приуралья. – В кн.: Геология и петрография западного Урала, вып. 7. Пермь, 1976.
7. Шимановский Л. А., Сычкина Г. А., Кунц Э. В. О влиянии сейсморазведочных работ на подземные воды в районе Лысьвинского водозабора. – В кн.: Комплексное использование и охрана водных ресурсов. Красноярск, 1976.
8. Шимановский Л. А., Шимановская И. А. Пресные подземные воды Пермской области. Пермь, 1973.

УДК 556.3.01

А. В. СОТНИКОВ  
ИГН АН КазССР

### О ВОЗРАСТЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НЕФТЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

В настоящее время из существующих радиологических методов определения возраста воды широко применяется гелий-аргоновый метод. Определение возраста воды ведется по формуле В. П. Савченко, А. Л. Козлова:  $T = \frac{He}{Ar} \cdot 115 \cdot 10^6$ , где  $T$  – относительный (кажущийся) возраст газа и воды, в которой он растворен; He, Ar – содержание в воде свободного сухого газа. В данной формуле не учитывается доля аргона радиогенного происхождения [2]. Наши расчеты возраста вод по шести Манггышлакским структурам [6] показали близость его (113–170 млн. лет) к возрасту водовмещающих юрских пород (140–150 млн. лет). В статье был сделан вывод о том, что эти расчеты могут быть использованы для определения времени нефтеобразования. Однако с учетом новейших представлений о миграции газов и формировании нефтегазовых месторождений в эти выводы следует внести коррективы.

Установлено, что основные источники гелия находятся ниже осадочного чехла. Гелий нерадиогенного происхождения может

мигрировать по разломам вверх к поверхности земли [7].

Содержание гелия и аргона на Мангышлакских структурах увеличивается с глубиной (таблица). Исключение составляет лишь одна структура из шести – Тасбулат, где содержание этих газов примерно в два раза меньше ожидаемого для данной глубины. Возраст газов, рассчитанный по формуле В. П. Савченко, А. Л. Козлова, также увеличивается с возрастанием глубины опробования. Исключение в этом случае составляют структуры Тенге и Карамандыбас.

**Состав редких газов в водах отложений юры ( %) и их возраст  
(млн. лет)**

Структура	Интервал опробования, м	Гелий	Аргон	Возраст
Тенге	1605–1710	0,031	0,028	127
Карамандыбас	1374–1998	0,037	0,036	118
Узень	1174–2124	0,045	0,046	113
Жетыбай	1705–2651	0,057	0,046	143
Тасбулат	1937–2810	0,036	0,027	153
Жага	2561–2874	0,109	0,074	170

Рост содержания гелия и аргона с глубиной связан с увеличением в этом направлении притока их с водами со стороны фундамента. Связывать увеличение возраста газов с глубиной в результате удаления их от областей современного ин- фильтрационного питания представляется нам необоснованным, так как указанные структуры содержат воды с высоким пластовым давлением, исключаяющим проникновение в зону его влияния в настоящее время инфильтрационных вод. Следует согласиться с мнением В. Н. Корценштейна [5], что кажущийся возраст пластовых вод не определяет возраста воды и связанного с ним возраста нефтеобразования, а указывает лишь на величину интенсивности взаимосвязи вод структур с водами фундамента.

Под возрастом воды мы подразумеваем время поступления ее в водоносный горизонт, а не время ее формирования в виде седиментационных вод (период осадконакопления).

Если даже принять возраст вод равным возрасту пород, при условии отжатия воды из глин (элизогенные воды) среднеюрского комплекса без притока воды со стороны фундамента, то и в этом случае возраст не указывает (хотя бы косвенно) времени нефтеобразования, так как элизогенные воды поступали в водоносные горизонты средней юры неоднократно, сообразно количеству гидрогеологических циклов, и в какой из них (от верхнеюрского до хвалынского) сформировалась нефтяная залежь, имея только эти сведения, определить невозможно. Можно лишь сделать вывод о том, что формирование нефти произошло в более поздний период, чем образование коллекторов и нефтяных структур.

Рассматривая в качестве аналога гидродинамическую схему мезозойских водоносных комплексов Восточно-Предкавказского артезианского бассейна [3], следует обратить внимание на то, что часть нефтяных и газовых структур расположена на локальных, разобщенных участках гидродинамических аномалий, часть – на территории с нормальным гидростатическим напором и остальные – в зонах облегченной, слабой и локальной разгрузки (рис. 1). Представлены все стадии развития нефтяных и газовых залежей – от формирования (гидродинамические аномалии) до разрушения (грязевые вулканы). Появление участков с избыточным давлением подземных вод на этой территории и на Мангышлаке обусловлено тектоникой. В настоящее время на обоих участках преобладает денудация, приводящая к уменьшению мощности покровных отложений. Это может быть одной из причин увеличения интенсивности перетока напорных вод снизу вверх и формирования нефте-газовых залежей. Усилению темпов перетоков воды и формирования залежей может способствовать наличие антиэлизионного типа гидродинамического режима (например, имеющегося в Западно-Сибирском артезианском бассейне [1]), в сочетании с элизионным режимом, связанным с проявлением неотектоники. Конкретным примером может служить разрез месторождения газа Алясовского вала [4]. Здесь в юрских отложениях наблюдается растяжение слоев песчаников и глин при тектонических локальных вертикальных движениях в процессе валообразования. В результате сформировались будины и межбудинные пережимы (рис. 2). Будины – утолщения, представляющие собой участки слоя-пласта песчаника, сохранившие первоначальную мощность, а межбудинные пережимы – участки, где в результате растяжения пласта мощность песчаника значительно уменьшилась. При этом в участки с увеличенной мощностью слоя песчаников дополнительно нагнеталась вода из участков с уменьшающейся мощ-

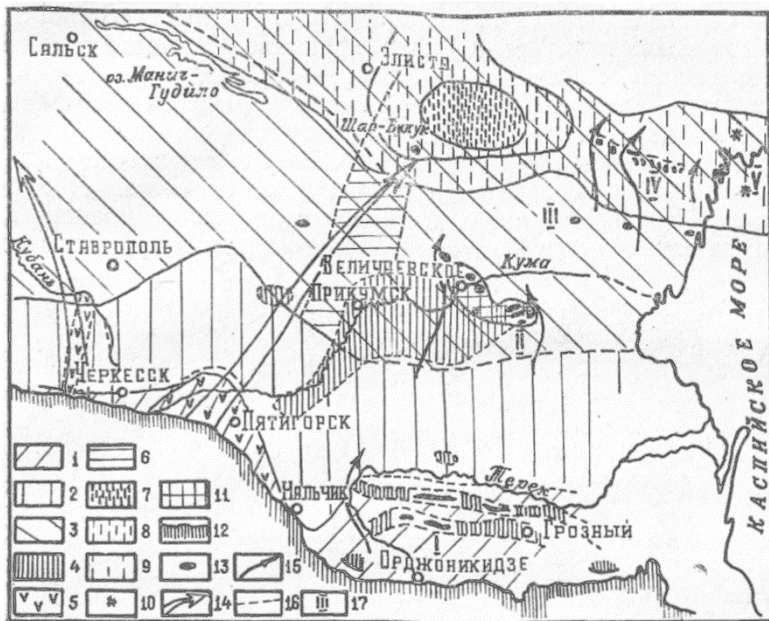


Рис. 1. Схема гидродинамических зон и условий формирования нефтяных и газовых залежей в мезозойских отложениях Восточно-Предкавказского артезианского бассейна (по И. Г. Киссину, 1964 и Гидрогеологии СССР, вып. 1, 1976).

Зоны: 1 – высоких напоров; 2 – резкого снижения напоров; 3 – постепенного снижения напоров; 4 – гидродинамических аномалий; 5 – район сравнительно хорошей проточности нижнемеловых отложений; 6 – полоса несколько повышенной проточности нижнемеловых отложений зоны разгрузки; 7 – сравнительно интенсивной, 8 – облегченной, 9 – слабой, 10 – локальной, 11 – искусственной; 12 – северная граница области питания мезозойских водоносных комплексов; 13 – нефтяные и газовые залежи в мезозойских отложениях; 14 – генеральные направления движения подземных вод; 15 – пути движения подземных вод в обход наиболее крупных препятствий; 16 – тектонические нарушения, установленные по гидрогеологическим данным; 17 – типы формирования залежей нефти и газа в условиях: I – аномального давления вод залежи на фоне высоких напоров вод горизонта; II – аномального давления залежи на фоне умеренных напоров вод горизонта; III – нормального давления вод залежи и вод горизонта; IV – разгрузки вод горизонта без заметной разгрузки вод залежи; V – разгрузки вод горизонта и флюидов залежи.

ностью песчаников и глин. Это обусловило повышение давления воды здесь, миграцию воды вверх через водоупорные слои и, в конечном счете, формирование газовых залежей (пять в нижнем песчаном горизонте – юрском, три – в вышележащем – меловом). Возраст начала формирования указанных газовых месторождений не может быть определен в данном случае старше верхнемелового, т. е. возраста отложения осадков необходимой мощности, погружения их на достаточную глубину и формирования в них структур будинажа. Сочетание элизионного и антиэлизионного типов гидродинамиче-

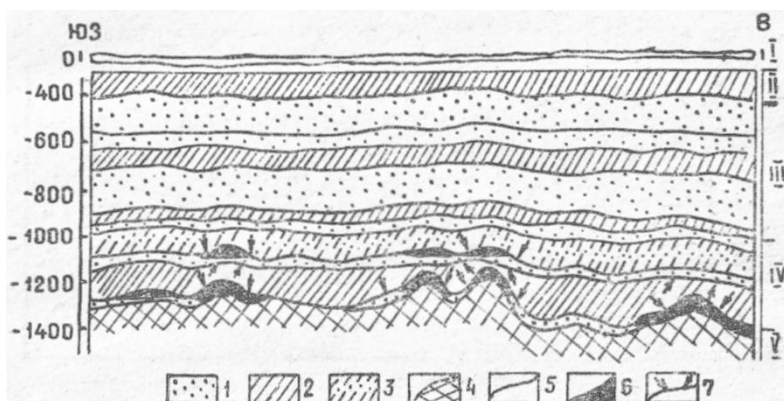


Рис. 2. Геологоструктурный разрез через месторождения газа Алясовского вала Западно-Сибирского артезианского бассейна (по Гидрогеологии СССР, т. XVI, 1970): 1 – преимущественно песчаные породы; 2 – преимущественно глинистые породы; 3 – песчано-глинистые породы; 4 – породы фундамента; 5 – граница распространения одновозрастных пород; 6 – залежь газа; 7 – направление движения поровых вод глин при формировании газовых залежей в условиях будинажа

ского режима имеется и в западной части Прикаспийского артезианского бассейна [1]. Несомненно, что такие же благоприятные для формирования залежей нефти и газа условия имелись в недалеком прошлом и для Мангышлакской группы артезианских бассейнов.

В заключении нужно отметить, что для определения возраста образования нефтяных залежей Мангышлака необходимы дополнительные сведения, данные об изменении мощности песчаных и глинистых прослоев, напоров, поведении водо-нефтяного контакта, изотопных отношений гелия и аргона.

Возраст формирования подземных вод в виде поровых горных растворов и время поступления их в водоносный гори-

зонт могут резко отличаться по значению. Периоды элизионного процесса при переуплотнении пород сменялись менее выраженными периодами антиэлизионного развития. При разуплотнении пород в условиях вертикальных и горизонтальных перетоков в глинах и водоносных горизонтах могли накапливаться воды не только разного возраста, но и разного генезиса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Архидьяконских Ю. В. О некоторых особенностях гидродинамического режима глубоких горизонтов подземных вод Северо-Прикаспийского и Западно-Сибирского артезианских бассейнов. – В кн.: Гидрогеология и карстоведение. Пермь, 1975.
2. Геологический словарь, т. 1–2. М., Недра, 1973.
3. Гидрогеология СССР, сводный том, вып. 1. М., Недра, 1976.
4. Гидрогеология СССР, т. VI – Западно-Сибирская равнина. М., Недра, 1970.
5. Корценштейн В. Н. Методика гидрогеологических исследований нефтегазовых районов. М., Недра, 1976.
6. Сотников А. В., Архидьяконских Ю. В. Возраст глубинных вод среднеюрских отложений Жетыбай-Узеньского района на Мангышлаке. – В кн.: Гидрогеология и карстоведение. Пермь, 1976.
7. Яницкий И. Н., Пименов В. В. Сюрпризы подземной гидросферы. – Природа, 1976, № 3.

УДК 556.3

А. В. ШУРУБОР  
Пермский университет  
Ю. А. ШИЛЯЕВ  
КО ВНИГНИ

### **ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДОДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИКАМЬЯ**

Додевонские отложения на территории Прикамья представлены породами рифейского и вендского возраста. На платформенной части они залегают на глубинах свыше 2000 м, а на передовых складках Урала выходят на поверхность. Осадконакопление происходило в обстановке активных тектонических подвижек отдельных блоков фундамента с образованием крупных впадин (Кировско-Кажимский и Калта-синский авлакогены), которые заполнялись морской водой. Во впадины сносились водными потоками продукты разрушения пород фундамента.

На краевых участках авлакогенов скважинами вскрываются рифейские прибрежно-морские и аллювиально-делюви-

альные отложения, представленные уплотненными крупногалечниковыми конгломератами, гравеллитами и косослоистыми песчаниками [1, 2, 7]. Эти породы объединяются в арланскую свиту, мощность которой в Кировско-Кажимском авлакогене достигает 650 м, а в Калтасянском – 1500 м. В региональном плане они прослеживаются в виде полос, вытянутых с севера на юг. В гидрогеологическом отношении это захороненные мелкие артезианские бассейны.

Последующее калтасинское время характеризовалось расширением морских обстановок, особенно на юге Пермской области и юго-востоке Удмуртской АССР. Здесь развиты пелитоморфные, мелкокристаллические доломиты с прослойками известняков, мергелей, аргиллитов и песчаников. Мощность карбонатных пород на юге Пермской области превышает 2000 м [1, 2, 7]. В осадочных породах рифейского возраста встречаются интрузивные тела (Краснокамск, Москудя, Гожан, Маркеты и др.).

Вендские отложения более широко распространены в Прикамье, и подразделяются они на бородулинскую и кудымкарскую свиты. В основании бородулинской свиты вскрываются конгломераты пород кристаллического фундамента или доломитов, в зависимости от того, на кровле каких пород она залегает. Верхняя часть свиты представлена алевролитами с прослойками песков, отлагавшихся в условиях мелкого моря [7]. Кудымкарская свита сложена алевролитами, песчаниками и аргиллитами. Мощность вендских отложений изменяется в больших пределах, превышая иногда 1000 м.

По результатам бурения, промыслово-геофизическим данным и данным испытания отдельных пластов установлено, что наиболее проницаемые породы распространены в вендских отложениях. М. М. Балашова [2] выделяет до 6 проницаемых пластов, коллекторами в которых являются гравеллиты, мелкогалечниковые конгломераты, разнозернистые песчаники и песчаные алевролиты. Мощность проницаемых пластов достигает 50 м, пористость их редко превышает 10 % (максимальные единичные значения до 20 %), а проницаемость изменяется от 0,1 до 170 миллидарси.

На исследуемой территории додевонские отложения испытывались на приток более чем в 30 скважинах, расположенных в разных тектонических зонах. Около половины опробованных интервалов представлены плотными породами, и притоков жидкости они не дали. В некоторых скважинах получен фильтрат технического раствора с небольшой примесью пластового флюида (Черновская 41, Соколовская 52 и др.). При опробовании вендских отложений в скважине 1 Сивин-



ской площади (2788–2800 м) наблюдался слабый приток густой малосернистой нефти. Нефтепроявления по керну зафиксированы на Ижевской, Чутырской, Киенгопской, Батырбайской, Черновской, Танышской, Бородулинской и других площадях [2, 3, 5].

Притоки пластовых вод получены при испытании додевонских отложений в 20 скважинах. Это рассолы хлоркальциевого типа с минерализацией от 250 до 300 г/л. Дебиты скважин изменяются от нескольких м<sup>3</sup>/сут. до 350 м<sup>3</sup>/сут., при понижениях уровня от 500 до 1500 м и зависят от коллекторских свойств водовмещающих пород и мощности испытываемого интервала [4, 5]. Наибольшей водообильностью характеризуются вендские отложения, развитые на территории Верхнекамской впадины (Ижевская, Чутырская, Бородулинская, Кулигинская, Григорьевская площади и др.). Воды обладают высоким гидростатическим напором, но незначительный объем сведений не позволяет оценить современные гидродинамические условия додевонских отложений в региональном плане. Температура подземных вод изменяется от 36° С (на глубине 2000 м) до 82° С (на глубине 4000 м).

Воды с наибольшей минерализацией и метаморфизацией вскрываются на юге Пермской области и в Башкирской АССР [4, 5]. К северу и западу от Куединского и Чернушинского валов наблюдается некоторое уменьшение как минерализации воды, так ее метаморфизации. Если на юге Пермской области отношение натрия к хлору, характеризующее метаморфизацию вод, изменяется в пределах 0,50–0,65, то в северных и западных районах оно повышается до 0,70–0,73. К районам Чернушинского и Куединского валов также приурочены воды с максимальными концентрациями кальция (до 40 г/л) и брома (до 2 г/л). На остальной территории содержание брома в водах додевонских отложений составляет 700–1000 мг/л. Концентрация йода в водах относительно невысокая – 4–10 мг/л, некоторый рост ее отмечается в северных районах.

Важным показателем геохимической обстановки недр является присутствие в водах сульфатного иона. В районах с благоприятными гидрогеохимическими условиями для сохранения залежей углеводородов содержание его обычно не превышает 0,5 г/л (коэффициент сульфатности ниже 0,2). В водах додевонских отложений сульфатный ион присутствует в очень незначительных количествах, редко превышая 100 мг/л.

Исследования газового состава вод додевонских отложений показали, что газонасыщенность вод не превышает 270 см<sup>3</sup>/л. Воды педонасыщены газом, в составе газа преобладает азот. Повышенные содержания метана установлены в

водах рифейских отложений на Батырбайской площади (до 49 %), где в керне отмечены интенсивные нефтепроявления и в водах вендских отложений Ижевской площади (до 26 %). Характерной особенностью состава водорастворенного газа является значительное содержание в нем гелия (0,67–1,15 %), что указывает на высокую гидрогеологическую закрытость структур. Возраст вод, рассчитанный по гелийаргоновому коэффициенту, превышает 500 млн. лет.

На основании гидрогеохимических данных можно заключить, что общие гидрогеологические условия додевонских отложений благоприятны для сохранения углеводородных залежей, что подтверждается наличием на Сивинском поднятии малосернистой, хотя и тяжелой нефти. Преобразование ее происходило в условиях высокой закрытости без активного участия в окислении подземных вод. Миграция легких фракций углеводородов произошла через водонефтеупорные толщи, чему способствовали колебательные движения земной коры и тектонические нарушения.

Наиболее перспективными для поисков нефти следует считать серафимовские отложения в районе Чернушинского и Куединского валов и вендские в Верхнекамской впадине. Воды додевонских отложений, кроме того, могут представлять интерес для бальнеологии как бромные хлоридно-натриевые рассолы, а в зонах повышенной водообильности пород – как химическое сырье для получения брома.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абрикосов И. Х. Нефтегазоносность Пермской области. М., Гостоптехиздат, 1963.
2. Балашова М. М., Ильиных А. П. Выделение проницаемых пластов и выявление потенциально нефтегазосодержащих зон в вендском комплексе Прикамья. – Тр. ВНИГНИ, вып. 72. Пермь, 1970.
3. Вавер В. И., Кулиния Г. С., Шестов И. Н., Шурубор А. В. Гидрогеологические условия Верхнекамской впадины в связи с ее нефтегазоносностью. – Тр. ВНИГНИ, вып. 117. Пермь, 1971.
4. Гидрогеология Волго-Уральской нефтегазоносной области. М., Недра, 1967.
5. Гидрогеологические условия формирования и размещения нефтяных и газовых месторождений Волго-Уральской области. М., Недра, 1973.
6. Фролович Г. М., Юрчук И. М. О результатах разведочного бурения на Сивинском додевонском поднятии. – Тр. ВНИГНИ, вып. 72. Пермь, 1970.
7. Шаронов Л. В. Формирование нефтяных и газовых месторождений северной части Волго-Уральского бассейна. – Тр. ВНИГНИ, вып. 73. Пермь, 1971.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГАЗОВ И ОРГАНИЧЕСКОГО  
ВЕЩЕСТВА ПЛАСТОВЫХ ВОД ДЕВОНСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ  
ОТЛОЖЕНИЙ ПРИКАМЬЯ**

Наиболее информативными гидрогеохимическими показателями при оценке перспектив нефтегазоносности как крупных регионов, так и локальных структур являются водорастворенные газы (ВРГ) и некоторые компоненты водорастворенного органического вещества (ВРОВ) [3, 5]. Однако эффективность их применения зависит от особенностей конкретной геолого-геохимической обстановки и, как правило, различна для отдельных зон в пределах бассейна. Для выяснения возможности использования данных показателей в оценке нефтеносности девонских терригенных отложений Прикамья, являющихся одним из перспективных объектов при проведении нефтепоисковых работ, был проанализирован весь имеющийся по данной территории фактический материал.

Газовый состав пластовых вод девонского терригенного комплекса в пределах Прикамья изменяется от азотно-метанового до азотного. Азотно-метановые газы развиты в восточных районах Пермского Прикамья (Предуральский прогиб, восточная часть Пермского свода, Кунгурская моноклираль и прилегающая территория северного склона Башкирского свода). Содержание метана в составе ВРГ данной зоны колеблется от 42,2 % до 55,9 %, увеличиваясь в направлении Предуральского прогиба. Аналогичный тип газов встречен в южной части Верхнекамской впадины (Маркетовская площадь), где они распространены в виде локальной зоны среди метаново-азотных газов. Метаново-азотные газы развиты на территории, прилегающей к зоне азотно-метановых газов, и встречены в пределах Верхнекамской впадины (Ножовская, Ижевская) и Татарского свода (Покровская, Бондюжская и др.). Содержание метана в составе ВРГ колеблется от 25,4 % до 41,9 %, азота – 52,5–73,4 %. Водорастворенные газы азотного типа характеризуются более широким распространением и развиты в пределах Камской моноклинали, северной части Верхнекамской впадины и Татарского свода, Пермском своде, Казанско-Кажимском авлакогене. Содержание метана в составе ВРГ данной зоны колеблется от долей до 10,5 %. Кон-

центрация азота в большинстве проб превышает 90 %. Азот в составе ВРГ в основном биогенного происхождения (60–99 % его общего количества).

Газонасыщенность пластовых вод девонских терригенных отложений изменяется в широких пределах – от 140 до 583 см<sup>3</sup>/л. Общая упругость ВРГ колеблется от 3,55 до 13,43 МПа. Некоторое увеличение газонасыщенности вод и общей упругости ВРГ в восточном направлении связано с возрастанием доли метана и его парциальной упругости. Коэффициент насыщения вод газом не превышает 0,5, что свидетельствует о недонасыщенности вод газом.

Основным фактором, обусловившим газовую зональность пластовых вод, является, по-видимому, состав исходного органического вещества и степень его преобразования.

Изучение водорастворенного органического вещества проводилось по методикам, разработанным в ИГиРГИ [1] и ВНИГРИ [2]. Максимальные значения суммарного содержания органических веществ, определенных по методике ВНИГРИ, зафиксированы в водах Камской моноклинали (Кудымкарская площадь – 3,08 мг/л), западной части Пермского свода (Нытвенская – 3,2 мг/л, Рождественская – 2,5–5,2 мг/л) и северного склона Башкирского свода (Капканская – 2,5 мг/л). Здесь же расположена зона наиболее тяжелых нефтей эйфельско-нижнефранского терригенного комплекса [4]. В восточном и западном направлении концентрация ВРОВ уменьшается до 1,8–1,5 мг/л. По-видимому, на распределение органического вещества в пластовых водах оказывали влияние не только степень обогащенности вмещающих отложений рассеянной органикой, но и вторичные процессы преобразования залежей углеводородов.

Влияние залежей нефти на окружающие их пластовые воды подтверждается зависимостью концентрации отдельных компонентов ВРОВ в водах внутриконтурных и приконтурных скважин от физико-химических свойств нефтей. Отмечается прямая зависимость между содержанием битуминозных веществ ( $C_{\text{орг хл}}$ ) в пластовых водах и удельным весом контактирующих с ними нефтей, содержанием смол и асфальтенов, между концентрацией водорастворенных углеводородов и содержанием парафиновых углеводородов в бензиновой фракции нефти, между концентрацией фенолов в водах и содержанием ароматических углеводородов в керосиновой фракции нефти.

Для выяснения степени взаимосвязи отдельных гидрогеохимических показателей с нефтегазонасыщенностью вмещающих

отложений было проанализировано их распределение в водах продуктивных и «пустых» площадей. В результате статистической обработки установлено, что наибольшей информативностью при оценке перспектив нефтеносности локальных структур в условиях Прикамья обладают тяжелые углеводороды в составе ВРГ (табл. 1). Из компонентов водораст-

Таблица 1

**Критерии оценки продуктивности локальных структур по газовому составу вод**

	Зоны газов	
	углеводородных	азотных
Газонасыщенность, см <sup>3</sup> /л	>300	>250
Общая упругость ВРГ, МПа	>6,0	>5,0
Содержание тяжелых углеводородов (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> -C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> ), %	>2,5	>2,0
Коэффициент насыщения вод газом (P <sub>г</sub> /P <sub>в</sub> )	>0,4	>0,4
сумма углеводородов		
азот	>2	–
—CH <sub>4</sub>		
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> + высшие	<25	–
—CH <sub>4</sub>		
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> + высшие	<70	–

воренного органического вещества в качестве нефтепоисковых показателей возможно использование водорастворенных углеводородов, битуминозных веществ, азотистых соединений, летучих и нелетучих фенолов, бензола. Дополнительную информацию дают методы инфракрасной спектроскопии: в составе битумной части ВРОВО продуктивных площадей наблюдается преобладание парафиновых и нафтеновых углеводородов над кислородсодержащими соединениями (табл. 2).

Сфера прогнозного действия гидрогеохимических показателей, как правило, не превышает 1500–2000 м по пласту. Вертикальные ореолы рассеяния девонских залежей фиксируются при благоприятных условиях в фаменско-турнейских карбонатных отложениях.

Таблица 2

**Критерии оценки продуктивности локальных структур  
по водорастворенному органическому веществу**

Методика	Вещества	Содержание, мг/л
ВНИГРИ ИГиРГИ	Углеводороды	>0,8
	Битуминозные вещества ( $C_{орг. хл.}$ )	>1,0
	$C_{орг. хл.} \frac{100}{C_{орг. общ.}}$	>1,4
	Азотистые соединения	>0,12
	Нелетучие фенолы	>0,2
	Летучие фенолы	>0,7
	Бензол	>0
Спектральная характеристика по данным ИКС	$I_{1465}$ $I_{1720}$	>1

ЛИТЕРАТУРА

1. Барс Е. А., Коган С. С. Методическое руководство по исследованию органических веществ подземных вод нефтегазоносных областей. М., Недра, 1973.
2. Герасюто З. С. Органическое вещество вод и его нефтепоисковое значение. – Тр. ВНИГРИ, вып. 277. Л., Недра, 1969.
3. Зингер А. С. Газоидрохимические критерии оценки нефтегазоносности™ локальных структур. Саратовск. ун-т, 1966.
4. Нефти, газы и битумоиды Пермского Прикамья и сопредельных районов. Каталог физико-химических свойств. / Под ред. Винниковского С. А., Кобловой А. З. – Пермь, 1977.  
Новосельцева Д. Ш., Мясникова И. П., Якобсон Г. П. Органические вещества подземных вод Волго-Уральского бассейна в связи с его нефтегазоносностью. – В кн.: Гидродинамика и гидрогеохимия нефтегазоносных бассейнов Европейской части СССР. М., 1970.

**ФОРМИРОВАНИЕ АГРЕССИВНЫХ СВОЙСТВ  
ТРЕЩИННО-ГРУНТОВЫХ ВОД И ОЦЕНКА  
ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ПРОЦЕССЕ  
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ**

Трещинно-грунтовые воды на территории Мотовилихинского района г. Перми, где проводились исследования, приурочены в основном к трещиноватым песчаникам шешминского горизонта верхней перми и не имеют единого водоупорного слоя [4]. По условиям питания трещинно-грунтовые воды занимают особое положение – в области их распространения кроме инфильтрации атмосферных осадков отмечен приток грунтовых и трещинно-пластовых вод. Воды характеризуются разнообразным химическим составом (табл. 1), но преобладает зональная гидрокарбонатная гидрохимическая формация [2].

Таблица 1

Гидрохимические фации трещинно-грунтовых вод

Фация	Общее количество проб	Число проб, показавших агрессивность	
		CO <sub>2</sub> св.	pH
HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Cl	4	2	
HCO <sub>3</sub> -Ca-SO <sub>4</sub>	15	–	1
HCO <sub>3</sub> -Ca-Cl	6	–	
HCO <sub>3</sub> -Ca-NO <sub>3</sub>	10	–	–
HCO <sub>3</sub> -Cl-Ca	1	–	–
HCO <sub>3</sub> -NO <sub>3</sub> -Ca	1	–	–
SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Cl	3	–	–
Ca-HCO <sub>3</sub> -Cl	–	–	–
Cl-HCO <sub>3</sub> -Ca	1	–	–
Cl-Ca-HCO <sub>3</sub>	1	–	–

Агрессивные свойства трещинно-грунтовых вод охарактеризованы по результатам 44 химических анализов воды из скважин и колодцев. Пробы отобраны в период с 1957 по

1979 г. Как свидетельствуют данные табл. 2, трещинно-грунтовые воды в исследуемом районе могут обладать агрессивными свойствами только по содержанию свободной углекислоты и концентрации водородных ионов.

Поскольку пределы величин агрессивных свойств по содержанию свободной углекислоты ограничены не самой величиной ее содержания в воде, а значениями коэффициентов, за-

Таблица 2

**Изменение показателей агрессивности в трещинно-грунтовых водах по сезонам года**

Показатель агрессивности	Значение показателя	Зима	Весна	Лето	Осень
SO <sub>4</sub> , мг/л	миним.	64,3	14,4	51,9	42,2
	максим.	181,1	215,2	186,8	221,0
	средн.	119,4	85,8	111,3	100,6
HCO <sub>3</sub> , мг-экв/л	миним.	2,2	2,0	2,8	3,9
	максим.	5,8	6,9	5,5	7,2
	средн.	4,2	4,6	4,2	5,3
K <sub>угл</sub>	миним.	0,09	0,06	0,10	0,17
	максим.	0,21	1,18	1,93	0,77
	средн.	0,13	0,35	0,73	0,37
pH	миним.	7,0	6,6	7,2	6,3
	максим.	8,0	8,1	7,6	8,0
	средн.	7,6	7,4	7,4	7,1

висящих от соотношения в растворе гидрокарбонатного, хлоридного и сульфатного ионов [3], то для исследования изменения агрессивных свойств по сезонам года нами для всех анализов подземных вод рассчитаны коэффициенты  $K_{угл}$ , представляющие отношения содержания свободной углекислоты к величинам  $a[Ca]+v$ . При содержании свободной углекислоты меньше указанной величины вода считается неагрессивной [3]. Таким образом, если  $K_{угл}$  меньше единицы, вода является неагрессивной ко всем типам цемента, если  $K_{угл}$  больше единицы, воды относятся к слабоагрессивным. Соот-



ветственно увеличение коэффициента свидетельствует о повышении агрессивных свойств.

Как видно из табл. 2, углекислотной агрессивностью обладают пробы воды из скв. 97 (лето) и скв. 203 (весна). По водородному показателю агрессивна вода в скв. 41.

Можно сказать, что для трещинно-грунтовых вод в целом не характерны агрессивные свойства, что обусловлено преобладанием в их питании гидрокарбонатно-кальциевых трещинно-пластовых вод шешминского горизонта.

Динамика изменения содержания сульфатного и гидрокарбонатного ионов в течение года подчинена режиму атмосферных осадков. Среднее содержание сульфат-иона снижается весной и осенью, что связано с интенсивным притоком слабоминерализованных талых и дождевых вод, инфильтрирующихся на обширных пространствах. Кроме того, для весны и осени характерны абсолютные экстремумы содержания сульфат-иона (табл. 2): 14,4–42,2 мг/л и 215,2–221,0 мг/л, что обусловлено, на наш взгляд, дифференциацией условий питания трещинно-грунтовых вод, т. е. при минимальных значениях содержания сульфат-иона в грунтовом потоке доминируют трещинно-пластовые воды, при максимальных – воды, генетически связанные с четвертичными отложениями. Аналогичным образом можно рассматривать динамику изменения содержания гидрокарбонатного иона в течение года.

Необходимо отметить обратную корреляционную связь между содержанием сульфатного иона в грунтовых и трещинно-грунтовых водах и процентным содержанием слабопроницаемых пород в разрезе четвертичных отложений. Повышенные содержания сульфат-иона (более 300 мг/л) характерны для разрезов, где мощность суглинков составляет менее 60 %.

Изменение агрессивных свойств трещинно-грунтовых вод по показателю свободной углекислоты связано в основном с содержанием сульфат-иона в течение года, о чем свидетельствует тот факт, что агрессивные по содержанию свободной углекислоты воды отмечены только весной и летом; они имеют гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый состав. Кроме того, по указанному показателю трещинно-грунтовые воды наименее агрессивны зимой – в этот период снижается объем притока инфильтрационных вод из зоны аэрации.

Как уже отмечалось, агрессивные по водородному показателю трещинно-грунтовые воды зафиксированы только в одном случае (скв. 41) осенью 1967 г. Вода имела хлоридно-кальциево-гидрокарбонатный состав. Это обстоятельство указывает на то, что снижение водородного показателя в дан-

ном случае связано со случайными, не связанными с общими закономерностями причинами, вызвавшими резкое изменение солевого фона раствора. В целом же изменение водородного показателя трещинно-грунтовых вод подчинено режиму изменения системы карбонатного равновесия в течение года.

Из участков развития песчаников, слагающих бровку четвертой террасы р. Камы, следует выделить район Городских Горок, ограниченный улицами Пржевальского, Красновишерской, Пермской, Уральской. Район представляет собой своего рода полуостров, соединяющийся с основным водоразделом р. Егошихи и р. Ивы перешейком. Периферия участка почти на всем протяжении – склон, обращенный на западе и юго-западе к р. Егошихе, на севере – к р. Каме, на востоке и юго-востоке – к оврагу по ул. Ст. Разина. Эти условия определяют гидродинамическую и гидрохимическую автономность описываемого района:

1) резко уменьшается приток трещинно-пластовых вод шешминского горизонта, что приводит зимой и летом к сработке грунтового потока;

2) в питании трещинно-грунтовых вод основную роль играют атмосферные осадки, что обуславливает усиление агрессивных свойств подземных вод на этом участке.

Кроме того, на природные условия накладываются техногенные, связанные с расположением здесь небольшого завода и развивающимся в последние годы гражданским строительством.

Таким образом, трещинно-грунтовые воды в настоящее время практически не обладают агрессивными свойствами. Тенденция к формированию агрессивных свойств проявляется лишь в северо-западной части водораздела р. Егошихи и р. Ивы, что связано с особенностями геоморфологического строения этого участка. Краткая характеристика формирования агрессивных свойств верховодки для описываемого района дана нами ранее [1]. Детального освещения заслуживает вопрос формирования химического состава грунтовых и трещинно-пластовых вод.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бельтюков Г. В., Петруха В. Н. Формирование агрессивных свойств верховодки для оценки гидрохимической обстановки в процессе инженерно-геологических изысканий. – В кн.: Инженерная геология Западного Урала. Пермь, 1980.
2. Максимович Г. А. Химическая география вод Суши. М., Географгиз, 1955.
3. Строительные нормы и правила СНиП П-28-73. М., Стройиздат, 1974.
4. Шимановский Л. А., Шимановская И. А. Пресные подземные воды Пермской области. Пермь, 1973.

## **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНОВ РЕЧЕК МОТОВИЛИХИ И ЕГОШИХИ**

Бассейны рек Мотовилихи и Егошихи, протекающих в пределах г. Перми, в настоящее время являются районами интенсивного строительства. Склоны долин на большом протяжении заняты мичуринскими садами или являются зонами отдыха трудящихся. Воды большинства родников используются населением для питья.

В 50–60-е годы режим родников и рек этого района изучался сотрудниками кафедры гидрогеологии и динамической геологии университета [2, 4, 5, 6, 7], и уже тогда отмечалось загрязнение вод бытовыми стоками.

Цель нашего исследования – выявление современного химического состава подземных и поверхностных вод города и изменений в химическом составе вод в связи с ростом жилищного строительства.

За период с 1974 по 1977 г. автором изучен состав вод 17 родников и всех рек бассейнов Мотовилихи и Егошихи (всего отобрано 73 пробы воды на общий и 52 – на спектральный анализ).

В долинах рек в виде многочисленных ключей разгружаются грунтовые и трещинно-пластовые воды. Водоносными горизонтами грунтовых вод являются элювиально-делювиальные супеси, суглинки и песчано-гравийно-галечниковые отложения высоких камских террас. Водоупором служат плотные четвертичные глины. Часто в местах выхода на поверхность грунтовых вод расположены склоновые болота, заросшие осокой. В настоящее время часть естественных выходов грунтовых вод в бассейне Егошихи засыпана в связи со строительством дорог и дамб. Это повлекло за собой создание искусственного подпора, подъем зеркала грунтовых вод и затопление котлованов на строительных площадках в пос. Юбилейном.

В течение последних 30–40 лет в связи с вырубкой лесов запасы грунтовых вод сокращаются. Дебиты источников ко-

леблются от 0,02 до 0,25 л/с. Температура вод зимой 1–6°, летом на 2–5° выше. Воды прозрачные, без запаха и неприятных привкусов. В верховьях бассейнов преобладает в водах гидрокарбонатно-сульфатная гидрохимическая фация, характерная для грунтовых вод лесной зоны [3]. Минерализация вод средняя. Воды умеренножесткие, слабо щелочные; содержание органических веществ 13–29 мг/л; кремнезема – 4–13 мг/л. В средних и нижних частях бассейнов (в пределах застройки) состав вод становится гидрокарбонатно-кальциево-хлоридным и гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатным, минерализация увеличивается до 1,1 г/л. В водах ряда источников концентрация хлоридов достигает 89–190 мг/л, нитратов – 28–65 мг/л (табл. 1), органических веществ – 60–70 мг/л, что свидетельствует о просачивании в водоносный горизонт бытовых стоков.

Водоносным горизонтом трещинно-пластовых вод служат трещиноватые песчаники уфимского яруса верхней перми, залегающие на одноозрастных плитчатых мергелях и аргиллитах. Воды разгружаются у подножья склонов долин и на дне оврагов в виде источников с дебитами 0,25–0,60 л/с. Температура вод зимой 5–8,5°, летом 8–8,5°. Воды имеют хорошие физические свойства. Минерализация их колеблется от 501 до 842 мг/л. Состав вод преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-сульфатный, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый и гидрокарбонатно-кальциево-хлоридный. По физическим свойствам и химическому составу воды большинства родников удовлетворяют нормативам ГОСТов для питьевых вод. Повышенные концентрации хлоридов (до 71–157 мг/л), нитратов (до 18–34 мг/л) и органических соединений (до 22–56 мг/л) в водах ряда источников свидетельствуют о частичном загрязнении их бытовыми стоками (табл. 1).

Содержание микрокомпонентов в подземных водах не превышает кларковых величин.

Ручьи и речки начинаются в верховьях логов или оврагов выходом сочащихся струй грунтовых вод и пополняются родниковыми водами. Дебиты ручьев невелики – 0,01–0,08 м<sup>3</sup>/с. Наибольший расход имеет р. Ольховка – верхний правый приток Егошихи (0,09 м<sup>3</sup>/с). Протекая по залесенным участкам водосбора, ручьи и речки несут чистые воды гидрокарбонатно-кальциево-сульфатного или гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевого состава с минерализацией 424–640 мг/л (табл. 2).

Воды ряда ручьев, впадающих в р. Егошиху с правого берега, мутные, с гнилостным запахом, желтой окраски, с нефтяной пленкой на поверхности. Температура вод зимой в них

10–17°. Минерализация достигает 867–1300 мг/л, содержание хлоридов до 213 мг/л, сульфатов до 290 мг/л, органических веществ до 105 мг/л, нитратов до 3 мг/л. Это свидетельствует о поступлении в них бытовых и промышленных стоков.

Таблица 1

**Химический состав и минерализация подземных вод (мг/л)**

Ca	Mg	Na+K	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	Минерализация	Органическое вещество
Грунтовые воды								
236,1	43,6	3,4	512,6	187,3	108,5	0,4	1091,9	69,0
Родник на окраине по с. Запруд								
50,1	14,6	20,0	225,8	14,4	12,4	13,8	351,1	17,6
Родник у подножья 1 Вышки								
144,3	50,0	6,2	311,2	141,7	88,6	65,4	807,4	19,4
Трещинно-пластовые воды								
Родник близ трамплина								
156,3	36,5	44,5	378,3	142,8	76,6	6,0	842,0	31,4
Родник на окраине пос. Висим								
160,0	26,8	15,2	323,4	144,1	92,2	нет	761,7	22,4
Родник в долине р. Малая Мотовилиха								
142,3	52,3	10,4	305,1	166,7	106,4	24,1	808,3	20,6

Речка Егошиха в среднем и нижнем течении несет мутные воды с гнилостным запахом и нефтяной пленкой. Минерализация в зимний период достигает 972 мг/л, отмечается преобладание гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридных и гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатных гидрохимических фаций. Концентрация нитратов достигает 25–35 мг/л, нитритов – 1,5 мг/л, органических веществ – 33–43 мг/л.

В бассейне р. Мотовилихи бытовыми стоками загрязнен ручей Малая Мотовилиха. Воды его в летний период содержат 92 мг/л хлоридов, 52 мг/л нитратов и 65 мг/л органических веществ (в зимний период этих компонентов меньше). Состав вод гидрокарбонатно-кальциево-нитратный.

Таблица 2

Химический состав и минерализация поверхностных вод (мг/л)

Ca	Mg	Na+K	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	Минерализация	Органическое вещество
р. Ольховка									
100,2	13,4	19,3	299,0	42,0	41,8	0,0	0,0	515,7	33,0
руч. Стикс									
188,4	31,6	101,8	427,1	214,9	173,7	0,0	3,0	1140,5	47,6
р. Егошиха в устье									
148,3	31,6	63,2	292,8	179,0	134,7	25,5	1,5	876,6	35,2
р. Малая Мотовилиха									
108,2	21,9	27,1	347,8	41,3	35,4	51,6	0,0	633,3	33,2
Мотовилихинский пруд (середина)									
98,2	18,2	25,3	292,9	96,6	21,3	6,7	0,0	559,2	20,0
р. Мотовилиха в устье									
102,2	29,2	34,5	280,7	97,0	74,4	17,2	0,0	635,2	22,8

Воды р. Мотовилихи до пруда имеют гидрокарбонатно-кальциево-сульфатный состав и среднюю минерализацию; содержание нитратов немного превышает допустимое по нормативам ГОСТов.

Мотовилихинский пруд, котловина которого была очищена и вновь заполнена в 1974–1975 г., имеет, как и в пятидесятых годах, гидрокарбонатно-кальциево-сульфатный или гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый состав вод и минерализацию 559 мг/л.

Загрязнение подземных и поверхностных вод бассейнов Егошихи и Мотовилихи за последние десятилетия возросло в связи с интенсивной застройкой территории. Можно восстановить природный состав вод за несколько лет, прекратив сброс в ручьи неочищенных бытовых и промышленных стоков. Это со временем даст городу большие участки земель, которые можно будет использовать для создания прудов и парков. Кроме того, улучшится санитарное состояние подземных и поверхностных вод города.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жидкова Г. Г. Гидрохимическое районирование и качество вод Камского бассейна. – Сб. трудов Пермск. политехи, ин-та, № 48, 1969.
2. Кротова Е. А., Максимович Г. А. Содержание соединений азота в поверхностных и подземных водах. – Уч. зап. Пермск. ун-та, т XI, вып. 2, 1957.
3. Максимович Г. А. Химическая география вод суши. М., География, 1955.
4. Максимович Г. А., Горбунова К. А. Геоморфология и подземные воды г. Перми. – Уч. зап. Пермск. ун-та, т. XI, вып. 2, 1957.
5. Максимович Г. А., Горбунова К. А., Рудометов В. В. Формирование химического состава грунтовых вод в городских поселениях. – В сб.: Гидрогеология и карстование, вып. 3. Пермск. ун-т, 1966.
6. Максимович Г. А., Кирилловых Т. В. Химическая география рек г. Перми. География Пермской области, вып. I. Пермск. ун-т, 1962.
7. Тюрина И. М. Режим родников г. Перми. – В кн.: Гидрогеология и карстование, вып. 3. Пермск. ун-т, 1966.

УДК 551.49(471.53)

В. А. ШЕРСТНЕВ  
Пермский университет

### **ВОДОБИЛЬНЫЕ ЗОНЫ ПЕРМСКИХ ВОДОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ**

При решении вопросов водоснабжения промышленных, гражданских и сельскохозяйственных объектов большое значение имеет знание закономерностей распределения ресурсов подземных вод, поисковых признаков водообильных участков. В наиболее хозяйственно освоенной равнинной части Пермской области, где сосредоточены основные водопотребители [2, 3, 4], распространены водоносные комплексы, приуроченные в основном к породам пермского возраста [4]: татарский, белебеевский, шешминский, кунгурский, ассельско-ар-

тинский терригенные, Соликамский карбонатно-терригенный, иренский гипсово-ангидритовый и артинско-филипповский карбонатный.

Модули эксплуатационных запасов подземных вод этих водоносных комплексов 0,1–0,5 л/с с 1 км<sup>2</sup> для терригенных отложений и 0,5–1,0 л/с с 1 км<sup>2</sup> для карстующихся толщ. Запасы карстовых вод более чем в два раза превышают запасы подземных вод в терригенных водоносных комплексах [2, 3]. Это подтверждается данными характерных дебитов родников и скважин терригенных и карбонатных водоносных комплексов (таблица). При общей приблизительно одинаковой характерной обводненности выделяются повышенными дебитами родников и скважин закарстованные Соликамский, иренский и артинско-филипповский водоносные комплексы.

Нами проанализированы данные по 254 водообильным зонам, установленным и закартированным на этой территории различными авторами в процессе гидрогеологической съемки. Согласно классификации водообильных зон [5, 7] большинство зон пермоких терригенных водоносных комплексов относится к локальным площадным неглубокого заложения. Реже развиты линейные зоны и открытые зоны глубокого заложения. Почти все они (112 из 120) связаны с интенсивной трещиноватостью пород в перегибах пластов, значительно меньше эрозионно-гравитационных зон (6), и всего 2 зоны приурочены к фациальным контактам. В Соликамском карбонатно-терригенном, иренском гипсово-ангидритовом и артинско-филипповском карбонатном водоносных комплексах преобладают литогенные линейные карстовые водообильные зоны.

По количественной оценке в равнинной части Пермской области преобладают значительные (202) и незначительные (24) водообильные зоны. Они характерны для всех развитых здесь водоносных комплексов. Весьма значительные (27) и крупные (1) зоны приурочены в основном к карстующимся толщам. Из них очень интересна Голухинская водообильная зона в бассейне р. Боровицы с общим расходом воды в зонах разгрузки более 1000 л/с.

Таким образом, в качестве общих поисковых критериев водообильных зон следует выделить литологический состав пород, геолого-структурный фактор и геоморфологическую характеристику территории.

Поскольку наибольшие запасы подземных вод сосредоточены в карстующихся породах и для них характерны весьма значительные и крупные водообильные зоны, то и поиски участков для размещения крупных водозаборных сооружений



следует вести в районах распространения главным образом карбонатных пород. При этом особое внимание должно быть уделено Чердынскому, Соликамскому, Косьвинско-Яйвинскому, Косьвинско-Чусовскому и Сылвинско-Чусовскому бассейнам трещинно-карстовых вод [6]. Литологический критерий

#### Характеристика водоносных комплексов

Водоносный комплекс	Основная площадь		Водообильные зоны		
	Характерные дебиты, л/с		Количество	Характерные дебиты, л/с	
	родников	скважин		родников	скважин
Гатарский терригенный	0,2–2,0	0,2–0,5	6	до 40	
Белебеевский терригенный	0,2–1,5	0,2–0,8	21	до 50	5,2
Шешминский терригенный	0,1–2,0	0,8–2,5	32	до 36	до 43
Соликамский карбонатно-терригенный	0,5–5,0	1,0–2,0	100	до 580	до 65–70
Иренский гипсово-ангидритовый	0,1–5,0	0,2–1,5	12	до 100	до 2,5–6,0
Кунгурский терригенный	0,2–2,0	1,0–2,0	37	до 50	до 45
Артиноско-филипповский карбонатный	5,0–10,0	1,0–2,0	42	до 700	до 27
Ассельско-артинский терригенный	0,5–2,0	0,1–1,7	4	до 50	дз 8,5

следует использовать и при выделении линейных водообильных зон, приуроченных к местам фациального замещения одних литологических разновидностей пород другими.

Анализ геолого-структурных условий поможет выделить участки наиболее резких перегибов пластов, к которым приурочены зоны повышенной трещиноватости. Зоны повышенной трещиноватости пород при прочих равных условиях характеризуются более высокой концентрацией подземных вод и определяют наличие площадных водообильных зон. Анализ геолого-структурных условий необходим при поисках площадных водообильных зон в пределах распространения маловодных терригенных водоносных комплексов пермского возраста.

Геоморфологические критерии необходимо использовать при поисках линейных эрозионно-гравитационных и карстовых водообильных зон. Эрозионно-гравитационные зоны при-

урочены к бортам и днищам древних и современных речных долин, крупных оврагов и суходолов и обусловлены концентрацией подземных вод в трещинах бортового и донного отпора. Поэтому наибольшие водоприток в скважинах следует ожидать в бортах долин с морфологически выраженными трещинами отпора. Подобные зоны развиваются как в терригенных, так и в карбонатных водоносных комплексах. Признаками линейных карстовых зон могут служить вытянутые карстовые депрессии, суходолы, карстовые лога и цепочки карстовых воронок, которые развиваются над концентрированными карстовыми потоками.

Водообильные зоны в настоящее время изучены еще недостаточно, однако необходимость создания крупных водозаборных сооружений, с одной стороны, и охраны водных ресурсов от истощения – с другой, выдвигают проблему изучения водообильных зон на первый план.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шимановская И. А. Опыт региональной оценки эксплуатационных запасов пресных подземных вод Пермского Приуралья. – В кн.: Геология и петрография Западного Урала, вып. 5. Пермь, 1970.
2. Шимановская И. А. К оценке ресурсов подземных вод терригенных отложений Пермского Предуралья. – В кн.: Мат. VIII Всеуральск. совещ. по вопр. географии, охраны природы и Природопользования. Уфа, 1972.
3. Шимановская И. А., Шимановский Л. А. К оценке ресурсов карстовых вод Пермской области. – В кн.: Вопросы карстования, вып. II. Пермь, 1970.
4. Шимановский Л. А., Шимановская И. А. Пресные подземные воды Пермской области. Пермь, 1973.
5. Шимановский Л. А. Классификация и типы водообильных зон. – В кн.: Гидрогеология и карстование, вып. 6. Пермь, 1975.
6. Шимановский Л. А. Бассейны трещинно-карстовых вод Пермской области. – В кн.: Геология и петрография Западного Урала, вып. 7. Пермь, 1976.
7. Шимановский Л. А., Шерсти ев В. А. Водообильные зоны Урала и Приуралья и их типы. – Тез. докл. Уральск, конференции «Человек и биосфера». Свердловск, 1973.

УДК 628.112.4

Ю. В. АРХИДЬЯКОНСКИХ  
Пермский университет

В. Ю. АРХИДЬЯКОНСКИХ, М. Д. ЛЕСКОВ  
Пермский политехнический институт

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ СКВАЖИННОЙ ЖИДКОСТИ ИЛИ ГАЗА**

Основной целью научно-технических разработок по совершенствованию устройств (конструкций) и способов (методов и технологии) для фильтрации скважинной жидкости или газа является, в первую очередь, повышение производительности – дебита скважины без нарушения ее простоты, надежности и долговечности при одновременном снижении материальных и денежных затрат, металлоемкости и сроков ее освоения.

Достижение этой комплексной цели не должно зависеть в идеальном случае от способа бурения и метода освоения скважины, а также от режима ее эксплуатации. Поставленная цель трудно достижима в полном объеме, так как содержит много противоречивых элементов. Наибольшие осложнения при освоении и эксплуатации возникают в условиях сооружения скважин в зернистых несцементированных породах. Снижение производительности скважины из-за кольматажа – забивания, замазывания пропускающих жидкость или газ просветов в породах прифилтровой зоны или в самом фильтре; выход из строя насосного оборудования и скважины из-за ее пескования с образованием песчаных пробок, затрубных обрушений пород и смятием эксплуатационных колонн – вот далеко не полный перечень результатов осложнений при сооружении скважин в этих условиях.

Устранение причин пескопроявления скважины без снижения ее производительности и без роста ее стоимости обещает большой экономический эффект и повышение качества опробования. Так, только по объединению Азнефть экономический эффект при полном устранении пескопроявления нефтяных скважин и связанной с ним необходимостью ремонта – ликвидации песчаных пробок, может составить не менее 6,5 млн. руб. в год [13].

В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981 –1985 годы и на период до 1990 года указано: «...Значительно сократить сроки внедрения достижений науки и техники в производство... Усилить поиски и разведку подземных вод (нефти и газа)... В нефтяной промыш-

ленности снизить затраты на обслуживание одной скважины на 15–18 процентов» [12]. Остается в силе и задача, выдвинутая XXV съездом КПСС – «Предусмотреть сооружение надежных и высокопроизводительных скважин на газ (нефть, воду)» [11].

Пермским университетом в содружестве с производственными организациями – Западно-Казахстанским производственным геологическим объединением, Актюбинской, Уральской, Мангышлакской, Гурьевской гидрогеологическими экспедициями Мингео КазССР, трестом Киевгеология Мингео УкрССР, Пермской комплексной геолого-разведочной экспедицией Мингео РСФСР и другими ведутся начиная с 1955 г. теоретические, экспериментальные и полевые исследования по разработке, испытанию и внедрению новых высокопроизводительных, непескующих при любом режиме эксплуатации скважин на воду (нефть, газ). Выделено три основных направления: создание бесфильтровых скважин, разработка сетчатых фильтров, фильтров с крупными отверстиями. Четвертое направление – конструирование моделей водо (нефте-, газо-)носного горизонта для изучения процессов суффозии и лабораторных испытаний новых разновидностей бесфильтровых скважин и фильтров.

Десять разработок университета признаны Госкомизобретений изобретениями, семь из них внедрены в производство.

#### *Устройства для испытания бесфильтровых скважин и пескующих фильтров*

В Пермском университете разработано и исследовано семь вариантов устройств для изучения процессов суффозии: шесть объемных моделей и одна плоская. Наибольшее количество опытов произведено на двух моделях (свыше 1200 опытов). На первой из них (авт. свид. 356345) моделировался водоприток в непосредственной близости от водоупорной подошвы водоносного горизонта [1], на второй – конструкции С. В. Комиссарова [9] – создавались условия осесимметричного водопитока к фильтрам. Методика и краткие результаты исследований изложены ранее [3, 10].

Опыты показали, что обводненные нецементированные пески с определенных глубин приобретают свойства монолита. В песчаном монолите, за счет всестороннего давления, весом вышележащих пород, могут при определенных условиях формироваться замкнутые водоприемные полости, непескующие как при постоянном, так и при переменном режимах эксплу-

атации. Формирование полости, по данным визуальных наблюдений и парафиновых слепков, идет за счет процессов отрыва отдельных песчаных частиц или их агрегатов. Это происходит вследствие гидродинамического давления воды по возникающим в результате перераспределения напряжений в песчаном монолите поверхности сдвига или отрыва.

Развитие полости прекращается после того, как входящие скорости воды на ее поверхности окажутся ниже критической – размывающей величины. В случае, если приток воды, равномерный по всей площади полости, и вызванное им гидродинамическое давление пропорционально геостатическому давлению, то устойчивость полости сохраняется и при Переменном режиме эксплуатации, т. е. при неоднократном прекращении и возобновлении излива воды.

### *Бесфильтровые скважины*

Известная бесфильтровая скважина формирует водоприемную полость через открытое дно эксплуатационной колонны путем водопритока снизу вверх [9]. В результате такого притока участок полости, расположенный непосредственно под дном колонны, испытывает переуплотнение, предохраняющее его от дальнейшего размыва. Углубление полости идет по кольцевой поверхности, окружающей этот переуплотненный участок. Образующееся при этом разуплотнение в верхней части полости приводит, при отсутствии сцементированных пород, к неограниченному развитию полости – вплоть до поверхности земли. Поэтому такая скважина имеет очень ограниченное применение. Она эксплуатируется при постоянном режиме излива, заглублении не более 0,5 м под устойчивую водоупорную кровлю и при дебите, не превышающем критической величины. При соблюдении указанных условий эта скважина, обладающая из-за наличия большой поверхности водозахвата высокой производительностью, может эксплуатироваться на протяжении 40–50 лет и более.

Разработано пять конструкций, признанных изобретениями. Они лишены недостатков, присущих обычной бесфильтровой скважине. Первая такая конструкция (авт. свид. 403843) отличается тем, что эксплуатационная колонна заглушена снизу, а водоприток осуществляется через боковое окно в трубе, высота которого не превышает  $2/3$  диаметра трубы [2]. Такое изменение конструкции приводит к равномерному уплотнению полости гидродинамическим давлением, вследствие чего полость приобретает расширенную вверх форму, например грибообразную, и не пескует после сформир-

рования при любом режиме эксплуатации. Скважина опробована в Западном Казахстане и на территории, обслуживаемой трестом Укргеология [5, 8].

При бурении ударно-канатным способом водоприемный боковой зазор может быть образован водоприемной трубой и водоупорной подошвой. Предложение внедрено в Западном Казахстане [5].

В целях ускорения процесса формирования полости и увеличения удельных дебитов предложено создавать дополнительный к боковому донный водоприток. Предложение внедрено трестом Укргеология [8]. При использовании этой конструкции рост вверх полости, образованной донным водопритоком, прекращается при достижении ею замкнутой устойчивой полости, созданной боковым водопритоком. Еще более упрощается конструкция, если водоприток осуществляется через открытый сверху отстойник (авт. свид. 775297), а откачка воды ведется с помощью опущенной в отстойник с боковым зазором водоприемной трубы [6]. Полость, образуемая этой конструкцией, устойчива, так как переуплотнение ее в верхней части компенсируется переуплотнением боковых стенок, вызванным некоторым продвижением кровли вниз под действием веса вышележащих пород.

Авторами данной статьи разработан еще один способ бесфильтровой эксплуатации взамен использования забивного фильтра, применяемого для дренажа через кровлю горных выработок при постоянном режиме излива. Новый способ позволяет упростить работы по дренажу и повысить безопасность работ. При этом способе в водоупорные глины кровли выработки залавливаются открытый с обеих сторон отрезок трубы до встречи с водоносным горизонтом, затем производится свободный излив водо-песчаной смеси и впоследствии осветленной воды как при постоянном, так и при переменном режимах. При этом отпадает необходимость в проходке трубой водоносного горизонта, в отличие от использования забивного фильтра – равномерно перфорированной трубы, заглушенной сверху.

### *Сетчатый фильтр*

Лабораторные и натурные исследования показали, что резкое снижение производительности сетчатого фильтра по сравнению с гравийным связано с проявлением гистерезиса смачивания – наличием водоотталкивающих свойств на поверхности сетки, вызывающим локальную фильтрацию воды. Скорости воды при этом возрастают до величин, достаточных

для переноса песка самых крупных размеров. Забивание песком водоприемных просветов локального участка сетки ведет к расширению площади участка и в конечном счете забиванию и снижению производительности всех ячеек фильтра.

Предложено обрабатывать металлические сетки фильтра дважды свежим раствором соляной кислоты 20–30 % концентрации (авт. свид. 612012) не более чем за четверо суток перед установкой фильтра в скважину [4]. В этом случае фильтр пропускает воду всей поверхностью, и входящие скорости воды в него недостаточны для переноса даже самых мелких песчаных частиц. Забивание песком фильтра не происходит, и его производительность остается высокой – равной производительности водоносного горизонта. При этом возможно применение сеток квадратного плетения с размерами ячеек 0,1 мм и менее, ранее не используемых, так как без предварительной обработки кислотой они забиваются песком в момент опускания в скважину, т.е. еще до начала прокачки. Предлагаемый способ подготовки фильтров к эксплуатации широко распространен в Западном Казахстане – экономический эффект превышает 100 тыс. руб. в год. Данный способ не только сокращает количество необходимого при поисках, разведке и эксплуатации скважин на воду времени на прокачку, металлоемкость дефицитных материалов (бронзы, латуни, нержавеющей стали), но и повышает качество (с привлечением результатов опробования) подсчета эксплуатационных запасов подземных вод.

#### *Фильтры с крупными отверстиями*

Как показали исследования С. В. Комиссарова [9], фильтр с равномерной по его длине перфорацией с крупными отверстиями, диаметр которых во много раз превышает размеры песчаных частиц водоносного горизонта, образует водоприемную полость, непескующую при постоянном режиме эксплуатации. Наши исследования показали, что каждая из струй формирует на поверхности полости зону переуплотнения. При этом пограничные зоны – зоны относительно разуплотненные подвергаются дополнительному размыву. При прекращении откачки выступы на поверхности полости отслаиваются. При возобновлении откачки в пограничных зонах вновь возникает дополнительный размыв. Такое расширение объема полости при переменном режиме эксплуатации продолжается до полного обрушения пород кровли.

Разработано три новые конструкции, признанные изобретениями, лишенные указанного недостатка – пескопроявления

при переменном режиме эксплуатации. В первой из разработанных конструкций уменьшается снизу вверх пропорционально диаметр и расстояние между отверстиями [7]. Это приводит к тому, что дополнительные напряжения, вызванные на поверхности полости гидродинамическим давлением отдельных струй, изменяются плавно, без наличия между ними пограничных разуплотненных зон, как это имеет место при фильтре с отверстиями одного и того же диаметра, расположенными на одном и том же расстоянии друг от друга. Предложенная конструкция не пескует (по данным испытаний) при переменном режиме эксплуатации. В другой конструкции чередуются по длине трубы участки одновременного уменьшения с участками одновременного увеличения диаметров и расстояний между отверстиями. В третьей конструкции расстояние между двумя чередующимися между собой отверстиями одинаковое, а отношение диаметра меньшего отверстия к большему составляет не более 7/12. Обе конструкции, как и первая, не пескуют при переменном режиме эксплуатации. Данные конструкции могут быть рекомендованы к внедрению не только для скважин на воду, но и на нефть и газ.

Рассмотренные новые направления, развиваемые Пермским госуниверситетом в конструировании высокопроизводительных, дешевых и надежных в эксплуатации устройств для фильтрации скважинной жидкости и методов их лабораторных испытаний, являются весьма перспективными и нуждаются в дальнейшем развитии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Архидьяконских Ю. В. Устройство для испытания моделей пескующих фильтров и бесфильтровых скважин. Опис. изобр. к автор. свид. 356345. ЦНИИПИ, Госкомизобр., 1973.
2. Архидьяконских Ю. В. Устройство для фильтрации скважинной жидкости. Опис. изобр. к автор. свид. 403843. ЦНИИПИ, Госкомизобр., 1974.
3. Архидьяконских Ю. В. О результатах опытов по исследованию формирования струйного движения воды в условиях локального стока. – В сб.: Гидрогеология и карстоведение. Пермь, 1974.
4. Архидьяконских Ю. В., Мищенко В. А. Способ предупреждения пескования скважин. Опис. изобр. к автор. свид. 612012. ЦНИИПИ, Госкомизобр., 1978.
5. Архидьяконских Ю. В., Милецкий Б. Е., Сотников А. В. Новый тип бесфильтровой скважины. – В сб.: Моделирование суффозионных и карстовых полостей. Пермь, 1979.
6. Архидьяконских Ю. В. Конструкция бесфильтровой скважины. Опис. изобр. к автор. свид. 775297. ЦНИИПИ, Госкомизобр., 1980.
7. Архидьяконских Ю. В. Фильтр для скважинной жидкости и газа. Опис. изобр. к автор. свид. 763582. ЦНИИПИ, Госкомизобр., 1980.



8. Зайонц О. Л., Розу мен ко В. Я., Архидьяконских Ю. В. Внедрение и разработка бесфильтровых скважин в тресте «Киевгеология». – В сб.: Моделирование суффозионных и карстовых полостей. Пермь, 1979.

9. Комиссаров С. В. Методы увеличения дебита буровых скважин на воду. М., Гостеолтехиздат, 1959.

10. Максимович Г. А., Архидьяконских Ю. В. Успехи и задачи моделирования суффозионных и карстовых полостей и структурных струй. – В сб.: Моделирование суффозионных и карстовых полостей. Пермь, 1979.

11. Материалы XXV съезда КПСС. М., Политиздат, 1976.

12. Материалы XXVI съезда КПСС. М., Политиздат, 1981.

13. Ясашин А. М. Ликвидация песчаных пробок в нефтяных скважинах. М., Недра, 1964.

УДК 553.3/9 (571)

И. М. ТЮРИНА, Н. М. КОСТАРЕВА

Пермский университет

## **ФОСФОРИТЫ КАРСТОВЫХ ВПАДИН СИБИРИ**

К одним из важнейших полезных ископаемых карстовых, впадин относятся остаточно-метасоматические фосфориты [1, 7]. Они являются продуктами разрушения карбонатных пород под воздействием феофатсодержащих растворов. При этом происходит метасоматическое замещение карбоната кальция фосфатом кальция и образуются залежи фосфора. Месторождения остаточно-метасоматических фосфоритов карстового типа широко распространены на юге Сибири – в Горной Шории, Кузнецком Алатау и Батеневском кряже, Восточном Саяне, Западном Прибайкалье.

В Горной Шории фосфоритоносный район, включающий более 10 месторождений и рудопроявлений, расположен в бассейне верхнего течения реки Мрас-Су и ее притоков. Залежи фосфоритов приурочены к карстовым воронкам и котловинам, выработанным в карбонатных протерозойско-кембрийских отложениях. Наиболее крупным является Белкинское месторождение. Фосфориты приурочены к карстовым впадинам в нижнекембрийских известняках. Площадь впадин изменяется от 0,04 до 0,4 км<sup>2</sup> и более при средней глубине 12–18 м. Содержание фосфорного ангидрида варьирует от 10 до 33 %, среднее составляет 18–25 % [9]. Запасы месторождения равны 24 млн. т. [4].

На территории Кузнецкого Алатау и Батеневского кряжа фосфатоносны рифейские и в основном нижнекембрийские

карбонатные породы. В северо-западной части Кузнецкого Алатау известны Кия-Шалтырское и Белоусинское месторождения. На Кия-Шалтырском месторождении продуктивный горизонт, представленный фосфатизированной глиной, приурочен к трем карстовым воронкам поперечником 150–200 м. Содержание фосфорного ангидрида 5–7 % [10].

На Белоусинском месторождении рыхлые фосфатоносные отложения заполняют карстовые воронки и котловины, вытянутые в виде узкой (10–60 м) полосы протяженностью до 700 м. Глубина карстовых впадин достигает 120 м. Содержание окиси фосфора во вторичных фосфоритах равно 26–30 %.

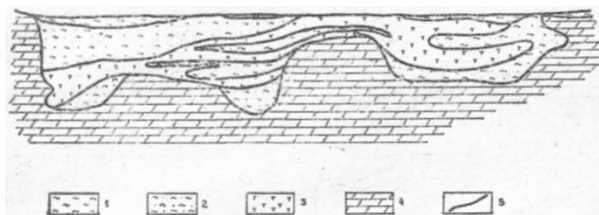
В юго-восточной части Кузнецкого Алатау находится Тамалыкское месторождение. Залежи фосфоритов приурочены к глубоким (до 100 м и более) карстовым впадинам, выработанным в нижнекембрийских карбонатных породах. Содержание окиси фосфора во вторичных фосфоритах достигает 19–21 %.

В пределах Батеневского кряжа известно Обладжанское месторождение, приуроченное к карстовым воронкам и котловинам, развитым в нижнекембрийских доломитах и известняках. Основная залежь фосфоритов находится в карстовой воронке диаметром до 200 м и глубиной более 140 м. Фосфориты месторождения в основном содержат более 30 % окиси фосфора, запасы составляют 16,8 млн. т. [4].

В юго-западной части Восточного Саяна расположены Телекское и Сейбинское месторождения фосфоритов и ряд фосфатопроявлений. Наиболее крупным является Телекское, запасы которого равны 30,1 млн. т. [6]. Фосфориты залегают в переотложенной мезокайнозойской коре выветривания, развитой на доломитизированных докембрийских известняках, содержащих до 1–2 %  $P_2O_5$ . Наиболее крупная залежь месторождения находится в карстовой впадине длиной около 6 км и шириной от 50–100 до 1800 м (рисунок). Суммарная мощность фосфоритов изменяется от нескольких до 120 м, а средняя равна 50 м. Содержание  $P_2O_5$  изменяется от 5–7 до 30–35 %. Фосфориты перекрыты отложениями коры выветривания мощностью от 1–2 до 110 м. Фоофатопроявления Восточного Саяна связаны преимущественно с карстовыми воронками глубиной до 10 и поперечником 15–20 м [9].

В Западном Прибайкалье месторождения фосфоритов формации коры выветривания, приуроченные к карбонатным архейским и протерозойским породам, установлены в Ольхонском районе. Наиболее крупным (запасы 1 млн. т.) является Сарминское месторождение, включающее более 26 крупных залежей карстовых фосфоритов. Фосфатные залежи при-

урочены к карстовым котловинам северо-восточного направления, выработанным в докембрийских известняках. Длина залежей достигает 700–1500 м, средняя ширина – 103 м, средняя мощность 53 м. Вторичные фосфориты представлены землисто-обломочным фосфатоносным материалом с содержанием  $P_2O_5$  36–38 % [3]. Менее крупным является Озерское месторождение, состоящее из нескольких участков. Залежи мощностью до 26 м находятся в карстовых воронках, развитых в архейских карбонатных породах.



Геологический разрез Телекского месторождения [4]:

1 – четвертичные суглинки и лессовидные отложения; 2 – рыхлые нефосфатные и слабофосфатные продукты выветривания; 3 – фосфориты ( $P_2O_5$  выше 7 %); 4 – карбонатные породы; 5 – геологические границы

Минералогия карстовых фосфоритов определяется составом пород, к которым они приурочены, и условиями образования. Минералого-петрографическим изучением остаточно-метасоматических фосфоритов установлена стадийность процесса их образования, о чем свидетельствует наличие нескольких генераций фосфатного вещества, относящегося к группе апатита [5].

Наличие фосфатонакоплений на территории Сибири подтверждает значительную роль карстовых процессов в образовании и сохранении залежей фосфоритов. Все рассмотренные месторождения и фосфатопроявления связаны с карстовыми воронками, котловинами, эрозионно-карстовыми котловинами в карбонатных породах различного возраста.

Древнейшими породами, к которым приурочены фосфориты, являются архейские известняки Озерского месторождения и Ольхонского фосфатопроявления. С докембрийскими породами связаны Сарминское, Адиаксинское, Телекское месторождения, с докембрийско-нижнекембрийскими – месторождения Горной Шорин, Кузнецкого Алатау, Батеневского кряжа, Восточного Саяна.

Карстовые фосфатоносные воронки, котловины, эрозионнокарстовые впадины являются результатом длительного выщелачивания докембрийско-нижнекембрийских карбонатных отложений. Изучаемая нами территория Сибири начиная с раннекембрийской эпохи находилась преимущественно в континентальных условиях. В конце палеозойской и в начале мезозойской эры произошел резкий подъем Сибирской платформы. Карбонатные докембрийские и нижнекембрийские отложения интенсивно закарстовывались. Активному выщелачиванию карбонатных пород способствовал теплый и влажный мезозойский климат [2, 3, 8]. Наибольшей интенсивностью карстовый процесс отличался на поднятиях в зонах тектонических разломов (Восточный Саян, Батеневский кряж). К таким участкам приурочены наиболее значительные фосфоритовые месторождения (Телекское, Обладжанское), выполняющие крупные карстовые и эрозионно-карстовые котловины.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бушинский Г. И. Карстовые бокситовые, фосфоритовые месторождения и роль карста в боксито- и фосфоритонакоплении. – В кн.: Карст и его народнохозяйственное значение. М., 1964.
2. Вологодский Г. П. Роль карста в формировании замкнутых котловин и месторождений некоторых полезных ископаемых на территории Присаянского и Прибайкальского предгорных прогибов. – В кн.: Гидрогеология и инженерная геология месторождений полезных ископаемых Восточной Сибири. Иркутск, 1973.
3. Вологодский Г. П. Карст Иркутского амфитеатра. М., Наука, 1975.
4. Занин Ю. И. Геология фосфатоносных кор выветривания и связанных с ними месторождений фосфатов. – Тр. ин-та геологии и геофизики Сиб. отд. АН СССР, вып. 85. Новосибирск, 1969.
5. Красильникова Н. А. Карстовые фосфориты. / Тр. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геогр., т. 12. М., 1964.
6. Круглов А. Н., Цыкин Р. А. Месторождения фосфоритов Красноярского края и Тувинской АССР. – В кн.: Геологические исследования в Красноярском крае и Тувинской АССР. Кызыл, 1968.
7. Максимович Г. А. Карстовый тип месторождений фосфоритов. – Уч. зап. Пермск. ун-та, докл. геол. ф-та, т. 15. Пермь, 1960.
8. Пармузин Ю. П. Ландшафтообразующее значение карста Сибири. – Уч. зап. МГУ, география, 1954, вып. 170.
9. Спандерашвили Г. И. Фосфориты Горной Шории. – Советская геология, 1962, № 5.
10. Сухарина А. Н. Фосфатопоявления в северо-западной части Кузнецкого Алатау. – В кн.: Фосфориты Западной Сибири. М., Недра, 1965.

**К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ГАЗОВОГО СОСТАВА ВОЗДУХА  
ПЕЩЕР И ВОДОРАСТВОРЕПНЫХ ГАЗОВ**

Газовый состав воздуха карстовых пещер изучен слабо. Лишь недавно появились работы, в которых на материалах пещер Горного Крыма охарактеризованы газопроявления в карстовых полостях и выявлены некоторые закономерности формирования газового состава воздуха пещер [3, 4]. Данные о газовом составе приводятся также в некоторых работах по спелеотерапии [1].

Опробование газового состава воздуха на месте производится шахтным интерферометром. Однако вследствие невысокой точности ( $\pm 0,3$  об. %) и невозможности определять полный газовый состав этим прибором (определяется только  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ ), газовый состав воздуха пещер изучается в основном путем отбора проб воздуха и их анализа в лабораторных условиях, чаще всего методом газовой хроматографии. При этом важно использовать такие методики отбора, которые исключают возможность ощутимых изменений газового состава при транспортировке и хранении проб. Существуют различные методы заполнения газом сосуда: вытеснение воды, продувание сосуда газом, заполнение газом сосуда, в котором предварительно был вакуум, и др. [5, 8].

При изучении газового состава воздуха пещер Крыма использовался наиболее распространенный метод – сосуд для отбора проб газа заполняется водой (насыщенным раствором соли); в точке отбора пробы вода выливается и сосуд заполняется газом. В качестве сосудов для отбора проб применялись бутылки, закрытые резиновыми пробками. Кроме того, в сосуде оставлялось около  $100 \text{ см}^3$  солевого раствора, который служил дополнительным затвором. Бутылки транспортировались горлышком вниз ([3], с. 18). Однако в связи с различной растворимостью отдельных компонентов газа состав при контакте с водой или солевым раствором может быть искажен, поэтому А. А. Черепенников [8] советует при отборе проб использовать воду, через которую достаточно долго пропускался газ. Насыщенные растворы солей плохо растворяют газ, однако их тоже необходимо насытить отбираемой газовой смесью. Но при отборе проб воздуха насытить им затворный

раствор практически невозможно, и, как это показано ниже, газовый состав в таких пробах может значительно изменяться за время транспортировки и хранения.

Этот метод был опробован нами при изучении газового состава воздуха пещер Подолии и водорастворенных газов минеральных вод Западной Украины (Сатанов, Трускавец, Сходница). В качестве сосудов для отбора проб использовались бутылки. Мы отметили некоторое общее уменьшение объема газа при транспортировке и хранении. Предположив возможность химического взаимодействия реакционноспособных газов пробы с примесями в поваренной соли, например с  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_2$  и т. п., мы попробовали отобрать газ в описанные ниже газовые пипетки. Сравнительные результаты анализов одних и тех же газовых проб, но герметизированных различными способами, приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ пробы	Содержание газов, об. %			
	$\text{O}_2$	$\text{N}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{CO}_2$
1	<u>13,90</u>	<u>59,48</u>	<u>19,53</u>	<u>7,04</u>
	11,72	61,46	22,76	4,05
2	<u>17,58</u>	<u>72,34</u>	–	<u>10,07</u>
	14,25	78,95	–	6,80
3	<u>6,49</u>	<u>81,23</u>	0,48	<u>11,80</u>
	4,97	90,21	0,75	4,07
4	<u>15,38</u>	<u>68,77</u>	–	<u>15,91</u>
	14,54	77,41	–	8,05
5	<u>11,88</u>	<u>77,86</u>	–	<u>10,26</u>
	8,25	88,18	–	3,57
6	<u>11,60</u>	<u>82,74</u>	–	<u>5,63</u>
	10,59	86,40	–	3,01
7	<u>21,90</u>	<u>78,72</u>	–	<u>0,38</u>
	21,60	79,36	–	0,04
5	<u>19,96</u>	<u>77,71</u>	–	<u>2,33</u>
	17,99	80,95	–	1,07

Примечание. В числителе способ герметизации – газовая пипетка, в знаменателе – солевой раствор.

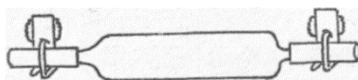
Содержание газов определялось на газовом хроматографе ЛХМ-7А на колонках с полисорбом 1, длиной 5 м и молекулярными ситами 1 ОХ, длиной 3 м. Газ-носитель – гелий, скорость 70 мл/мин.

Из таблицы следует, что при герметизации солевым раствором изменениям (в сторону уменьшения) подвергаются реакционноспособные газы – углекислота и кислород. Хотя установление причин уменьшения содержания этих газов не входит в задачу данной работы, можно предположить, что изменения могут быть вызваны химическими реакциями (образование нерастворимых карбонатов, продуктов окисления основных солей и т. п.), растворением газов в солевом растворе (например, растворимость кислорода в рассолах достигает 1–2 см<sup>3</sup>/дм<sup>3</sup> [2]).

Помимо сравнения результатов проб, герметизированных различным образом, нами была экспериментально установлена возможность длительного хранения проб в газовых пипетках. Проба воздуха из пещеры Золушка (Черновицкая область), проанализированная через 1 день после отбора, была повторно проанализирована через 5 месяцев, – газовый состав практически не изменился.

Таблица 2

Дата анализа	Газовый состав, %		
	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
23 декабря	17,9	80,0	2,1
30 мая	17,8	80,1	2,1



Газовая пипетка

Изготовленные нами пипетки (рисунок) представляют собой стеклянные трубки диаметром 30 мм. Они имеют на концах оливки, на которые одеваются трубочки из мягкого вакуумного шланга (длиной 5–10 см) с зажимами. А. А. Черепенников рекомендует применять каучуковые трубочки [8], однако, если проба хранится длительное время, через них происходит диффузия газов ([7], с. 57). Применение вакуум-

ного шланга исключает такую возможность. Использование для отбора проб серийно выпускаемых пипеток, снабженных на концах стеклянными кранами, неудобно из-за необходимости дальнейшего отбора газа в шприц при хроматографическом анализе. Общий объем газовых пипеток 50–100 см<sup>3</sup>. Использование пипеток меньшего объема нежелательно, так как при отборе газа в шприц для производства нескольких анализов в пипетке может создаться некоторое разрежение, что может привести к изменению состава (в шприц начинает подсасываться атмосферный воздух). При отборе газов, растворенных в воде, нельзя использовать пипетки объемом более 100 см<sup>3</sup>, поскольку содержание газа в открытых водоемах при дегазации 9–10 л воды лишь незначительно превышает 100 см<sup>3</sup> (при +20°C) и, следовательно, часть объема пипетки останется заполненной водой.

Методы заполнения газом пипетки аналогичны методам заполнения бутылки: пипетка заполняется водой для вытеснения находящегося в ней воздуха; в точке отбора пробы открываются зажимы, вода из пипетки выливается (при этом пипетку заполняет воздух) и зажимы тщательно завинчиваются. Можно использовать и пипетки, предварительно откачанные до разрежения 10<sup>-1</sup>–10<sup>-2</sup> мм рт. ст. Тогда в точке отбора достаточно открыть и вновь закрыть зажимы.

Отбор проб газов, растворенных в воде, производился вакуумным методом с помощью бутылки Савченко [5, 6, 8]. Газ отбирался в пипетки, а оставшееся количество газа – в градуированную емкость для определения общего объема газовой составляющей воды.

Таким образом, описанную методику можно рекомендовать для отбора проб при изучении состава воздуха пещер и состава водорастворенных газов пещерных вод.

Помимо того, что при применении газовых пипеток состав пробы не изменяется во времени, пользование пипетками практически удобнее: они намного легче бутылок и меньше по объему, их проще упаковывать и транспортировать.

При отборе проб растворенных в воде газов с последующим газохроматографическим анализом результаты растворимости выражаются в объемных процентах. Однако для сравнимости проб, отобранных в различных условиях, необходимо, учитывая различную растворимость газов в воде, зависящую главным образом от температуры и давления, результаты выражать в мг/л или в мл/л.



На основании общеизвестных соотношений [6] нами выведена общая формула расчета газов (г/л):

$$P = \frac{V \cdot n \cdot K_i}{100 \%}$$

где  $P$  – количество данного компонента газа, г/л,

$n$  – доля данного компонента газа, объемных %,

$V$  – общий объем газовой пробы, л,

$K_i$  – коэффициент, зависящий от определяемого газа и условий отбора пробы, г/л<sup>2</sup>.

$$K_i = \frac{\alpha_i \cdot V_2 + V_1}{V_1 \cdot V_2} \cdot \frac{M.в.}{22,4}$$

где  $\alpha_i$  – бунзеновский коэффициент распределения данного газа в зависимости от температуры,

$V_1$  – объем разряженного газа в бутылки, после выделения газа, л,

$V_2$  – объем отобранной воды, л,

$M. в.$  – молекулярный вес определяемого газа,

$(V_1 + V_2)$  – объем бутылки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Апостолок В. В., Горбенко П. П. Перспективы использования пещер Подолья в лечебных целях. – В кн.: Гидрогеология и карстование, вып. 8. Пермь, 1977.
2. Гуцало Л. К. Радиолит воды как источник свободного кислорода в подземной гидросфере. – Геохимия, 1971, № 2.
3. Дублянский В. Н. Карстовые пещеры и шахты Горного Крыма. Л., Наука, 1977.
4. Дублянский В. Н., Шутов Ю. И. Газовый состав воздуха в карстовых полостях Горного Крыма. – Докл. Акад. наук, 1966, т. 171, №2.
5. Методическое пособие по отбору и анализу проб природных газов. Л., Недра, 1969.
6. Савченко В. П. Формирование, разведка и разработка месторождений газа и нефти. М., Недра, 1977.
7. Соколов В. А. Анализ газов. М.; Л., Гостоптехиздат, 1959.
8. Черепеников А. А. Руководство по опробованию и анализу природных газов. М., Гостоптехиздат, 1951.



## СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ ГЕОРГИЯ АЛЕКСЕЕВИЧА МАКСИМОВИЧА

16 мая 1979 года на 75-м году жизни скончался профессор, доктор геолого-минералогических наук, член международной ассоциации по инженерной геологии, заместитель председателя Карстовой комиссии АН СССР, директор Всесоюзного института карстоведения и спелеологии, заведующий кафедрой динамической геологии и гидрогеологии Пермского университета Георгий Алексеевич Максимович.

Г. А. Максимович родился 29 мая 1904 года в г. Варшаве. По окончании Днепропетровского горного института в 1926 году работал геологом треста Грознефть. К этому времени относятся его первые исследования инженерно-геологических условий г. Грозного.

С 1934 г. Георгий Алексеевич был бессменным заведующим организованной им кафедры динамической геологии и гидрогеологии Пермского университета. За это время дважды избирался деканом геологического факультета, более 6 лет занимал пост проректора университета. Проработав 49 лет в высшей школе, Г. А. Максимович внес вклад в подготовку свыше 2500 геологов, инженеров-геологов и гидрогеологов, среди которых 10 докторов и более 50 кандидатов наук.

Г. А. Максимович опубликовал 525 научных и научно-популярных работ по общему, региональному и инженерному карстоведению и спелеологии, гидрогеологии, гидрогеохимии и химической географии вод, нефтяной геологии. Дважды удостоивался звания лауреата Пермского университета за лучшую научно-исследовательскую работу года.

Монография «Химическая география вод Суши» (1.955), в которой рассмотрены закономерности формирования химического состава природных вод Земли, отмечена золотой медалью и премией Ф. П. Литке. Наиболее

крупным обобщением по карсту и спелеологии является двухтомная монография «Основы карстоведения» (1963, 1969). Она высоко оценена в СССР и за рубежом. Фундаментальные исследования по карсту и спелеологии удостоены Диплома почета ВДНХ. На VI Международном спелеологическом конгрессе в Чехословакии (1973) Г. А. Максимовичу была присуждена золотая медаль «За развитие спелеологической науки» и почетный диплом.

С 1947 г. Георгий Алексеевич читал специальный курс – карстоведение. Под его руководством подготовлены кандидатские и докторские диссертации. В 1964 г. он организовал и возглавил Всесоюзный институт карстоведения и спелеологии, который объединяет 233 научных сотрудника из 11 союзных республик. Им была создана пермская школа карстоведов и спелеологов. Г. А. Максимович являлся инициатором создания и был главным редактором двух сборников: «Пещеры» (с 1961 г.) и «Гидрогеология и карстоведение» (с 1962 г.), организатором ряда всесоюзных совещаний по карсту и спелеологии.

Г. А. Максимович вел большую общественную работу. В течение 15 лет он был на общественных началах директором Всесоюзного института карстоведения и спелеологии, более 20 лет – председателем комитета геологических проблем Пермского областного совета НТО, много лет руководил одной из секций Пермского отдела Географического общества СССР. В 1970 г. он избран Почетным членом этого общества.

Труд Георгия Алексеевича отмечен орденом «Знак Почета», медалями, Почетной грамотой Президиума Верховного Совета РСФСР, почетными грамотами Пермского обкома КПСС. В 1971 и 1974 гг. за деятельность на посту заместителя председателя Пермского областного комитета защиты мира он награжден почетными грамотами советского Комитета защиты мира. Г. А. Максимович удостоен Диплома I степени за активное участие в работе Пермского совета Всероссийского общества охраны природы. Его именем названы гроты и пещеры на Урале, в Крыму, Тянь-Шане, Восточном Саяне, Архангельской области.

Георгий Алексеевич отличался широкой эрудицией, огромной энергией, требовательностью к себе и своим коллегам, отзывчивостью.

Светлая память о Георгии Алексеевиче Максимовиче – ученом с мировым именем, создателе советской школы карстоведов-геологов, неутомимом труженике – навсегда сохранится в наших сердцах.

Друзья, коллеги, ученики

## СОДЕРЖАНИЕ

И. А. Печеркин. Основные задачи инженерного карстоведения	5
А. А. Алимов, Г. А. Максимович, К. А. Горбунова. Карбонатный карст Центрально-Кызылкупумского и Нурагинского районов	14
В. Н. Быков. Карстовые брекчии	30
Г. П. Лысенин. Карст юго-восточной части Коми АССР	40
А. М. Кропачев. Генетическая классификация коррозионных карстовых процессов (в порядке дискуссии)	47
В. К. Кокаровцев. Проблема номенклатуры неморских карбонатных отложений	50
В. И. Мартин, Л. Н. Усольцев. Опыт многолетнего изучения карстового провала в г. Уфе	66
Е. Г. Максимович. Емкостные свойства рифового массива Гежского нефтяного месторождения	72
А. И. Печеркин, В. Н. Катаев. Вопросы изучения тектонической трещиноватости закарстованных массивов	76
Г. Б. Болотов, Л. В. Печеркина. Условия формирования полостей в сульфатном карстующемся массиве	82
О. Л. Алексеева. Роль карстующихся пород в оврагообразовании Пермской области	85
Р. В. Ященко. Гидрохимическое районирование карстовых озер Пермского Приуралья	90
А. В. Русских, Ю. М. Устюгов. Карстовое озеро Шайтан	101
Л. А. Шимановский, Г. А. Сычкина, Э. В. Кунц. О влиянии сейсморазведочных работ на подземные воды в районе Усьвинского водозабора	106
А. В. Сотников. О возрасте подземных вод нефтяных залежей	116
А. В. Шурубор, Ю. А. Шилиев. Гидрогеологические условия додевонских отложений Прикамья	121
И. Н. Шестов, Б. А. Бачурин. Результаты изучения газов и органического вещества пластовых вод девонских терригенных отложений Прикамья	125
Г. В. Бельтюков, В. Н. Петруха. Формирование агрессивных свойств трещинно-грунтовых вод и оценка гидрохимической обстановки в процессе инженерно-геологических изысканий	129
Г. Г. Жидкова. Химический состав подземных и поверхностных вод бассейнов речек Мотовилихи и Егошихи	133
В. А. Шерстнев. Водообильные зоны пермских водоносных комплексов Пермской области	137
Ю. В. Архидьяконских, В. Ю. Архидьяконских, М. Д. Лесков. Теоретические основы конструирования устройств для фильтрации скважинной жидкости или газа	141
И. М. Тюрина, Н. М. Костарева. Фосфориты карстовых впадин Сибири	147
Н. Л. Климчук, В. И. Высоцкий. К методике изучения газового состава воздуха пещер и водорастворенных газов	151
Светлой памяти Георгия Алексеевича Максимовича	157

## РЕФЕРАТЫ

УДК 624.131

Печеркин И. А. Основные задачи инженерного карстования. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермский ун-т, 1981. с. 5–14.

Определены основные задачи инженерного карстования в области изучения растворимых пород: 1) выявление закономерностей пространственного распространения карстовых форм; 2) количественная характеристика морфологических показателей; 3) изучение растворимости пород в природных условиях; 4) исследование прочностных характеристик кар- стующихся пород и математический расчет устойчивости территорий. Дается развернутое их обоснование и определены пути решения.

Библиогр. 14 назв.

УДК 551.4

Алимов А. А., Максимович Г. А., Горбунова К. А. Карбонатный карст Центрально-Кызылкумского к Нурагинского районов. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 14–30.

Охарактеризован карст карбонатных пород одного из пустынных районов Средней Азии. Выделены два карстовых района и семь подрайонов. Отмечено слабое развитие поверхностных форм, небольшие размеры подземных – ниш, пещер. Выделены закарстованные зоны карбонатных пород с повышенной водообильностью. Сопоставлен среднеазиатский пустынный тип карста с другими типами.

Библиогр. 22 назв., ил. 1, табл. 1.

УДК 551.44 : 552.5

Быков В. Н. Карстовые брекчии. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1978, с. 30–39.

Показано, что карстовые брекчии более разнообразны, чем это принято считать. Предложена их классификация. Выделены типы брекчий: брекчии обрушения (субаэральные, субаквальные, обрушения карбонатной кровли и покровных отложений), локального выщелачивания, сосредоточенного подземного стока, супераквальные, доломитизации, стилолитизации, полигенетические (тектонно-карстовые, седиментационно-карсто-абразионные, карсто-абразионные, карсто-эрозионные, гидратационно-карстовые).

Библиогр. 31 назв., табл. 1.

УДК 624.131

Лысенин Г. П. Карст юго-восточной части Коми АССР. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 40–47.

В пределах Тиманской, Печорской, Предуральской и Западно-Уральской карстовых провинций выделяются площади развития современного карбонатного, гипсового и соляного карста в зоне гипергенеза (карстовые районы и участки) и площади преимущественного распространения палео- карстовых форм. Дается характеристика карстовых районов, некоторые из них выделяются впервые. Отмечена связь карстового процесса с неотектоникой. Описаны полезные ископаемые, приуроченные к карстовым коллекторам и впадинам

Библиогр. 16 назв., ил. 1.

УДК 528.912

Кропачев А. М. Генетическая классификация коррозионных карстовых процессов (в порядке дискуссии). – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научи, трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 47–50.

В основу классификации положена система таксонов из трех уровней: серия, группа и класс. В пределах литогенной серии выделены группы: диагенетическая, катагенетическая, раннего гипергенеза и выветривания. В пределах групп выделены классы: карбонатный, сульфатный, галоидный, сульфидный и силикатный.

Библиогр. 9 назв., табл. 1.

УДК 553.556

Кокаровцев В. К. Проблема номенклатуры неморских карбонатных отложений. – В сб.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научи. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 50–66.

Рассмотрена терминология биохимической группы неморских карбонатных отложений: источниковых, болотных и озерных, а также почвенных образований. Показана многозначность терминов и невозможность дальнейшего использования таких распространенных терминов, как травертин, известковый туф, мергель, мел, пресноводный известняк. Рекомендуются новые термины, уточняются старые. Предлагается называть неморские карбонатные отложения карбонатами, все источниковые, болотные и озерные – кальцитом, отложения термальных источников – тибуртином, связанные отложения холодных источников – туфолитом, рыхлые отложения холодных источников – аквакальком, рыхлые существенно карбонатные болотно-озерные осадки – гажей, рыхлые алевроито-торфяно-карбонатные озеро-болотные осадки – альмом, цементированные карбонатные озерные породы – лимнокальцитом и лимнодоломитом, все почвенные карбонатные образования – канкаром.

Библиогр. 61 назв., табл. 3.

УДК 551.44(470.57)

Мартин В. И., Усольцев Л. Н. Опыт многолетнего изучения карстового провала в г. Уфе. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научи, трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 66–72.

Описываются геолого-гидрогеологические условия и механизм возникновения одного из провалов в Старой Уфе. Приводятся результаты многолетних наблюдений на участке провала. Полученные данные можно использовать в качестве аналога для оценки устойчивости других подобных территорий.

Библиогр. 3 назв., ил. 3.

УДК 552.5-К (470.53)

Максимович Е. Г. Емкостные свойства рифового массива Гежского нефтяного месторождения. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научи, трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 72–76.

Распределение пористости в рифовом массиве показано на примере Гежского нефтяного месторождения Пермской области. Выявлены закономерности распределения коллекторов. Оценена роль постседиментационных преобразований, в особенности выщелачивания, в формировании емкостных свойств пород.

Библиогр. 4 назв., ил. 4.

УДК 624.131

Печеркин А. И., Катаев В. Н. Вопросы изучения тектонической трещиноватости закарстованных массивов. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научи, трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 76–82.

Излагается методика изучения и картирования тектонической трещиноватости платформенных закарстованных массивов, которая включает непосредственные замеры элементов залегания трещин в обнажениях, математическое моделирование напряженного состояния массива с применением методов теории упругости, рентгеноструктурное изучение образцов карстующихся пород, взятых из зон с различной раздробленностью тектоническими трещинами. Методика опробована авторами на Полазненском гипс-ангидритовом массиве в Предуралье.

Библиогр. 2 назв., ил. 4.

УДК 624.131

Болотов Г. Б., Печерки на Л. В. Условия формирования полостей в сульфатном карстующемся массиве. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 82–85.

Из приповерхностной зоны сульфатных карстующихся массивов (10–15 м в глубину) выносится до 95 % сульфата кальция, и лишь 5–10 % породы растворяется и выносится подземными водами из глубинных частей массива. Образование полостей на значительных глубинах обусловлено: 1) увеличением растворимости гипсов, находящихся под действием всестороннего сжатия; 2) увеличением агрессивности подземных вод при смешении потоков с различной температурой. За счет этих двух факторов дефицит насыщения подземных вод сульфатом кальция на глубине 50–100 м может увеличиться на 0,15–0,16 г/л, этого вполне достаточно для образования обширных полостей. Третьим фактором формирования полостей может явиться увеличение агрессивности подземных вод при смешении потоков различного химического состава.

Библиогр. 7 назв., ил. 1.

УДК 551.31 : 551.44(471.53)

Алексеева О. Л. Роль карстующихся пород в оврагообразовании Пермской области. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 85–90.

Установлены закономерности изменения показателей овражности (коэффициентов густоты и плотности овражной сети) в зависимости от литологического состава пород. В одинаковых структурно-тектонических условиях овражность уменьшается от участков выходов некарстующихся пород к участкам распространения карстующихся пород.

Библиогр. 14 назв., табл. 1.

УДК 551.481.1(471.53)

Яценко Р. В. Гидрохимическое районирование карстовых озер Пермского Приуралья. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 90–101.

Гидрохимическое районирование карстовых озер равнинной части Пермской области проводится на основании изучения гидрохимического режима 376 озер (1460 химических анализов воды и озерных отложений). Выделено 6 гидрохимических районов и 17 участков. Районы территориально обособлены и характеризуются определенной минерализацией, составом озерных вод и отложений. Гидрохимические участки объединяют группы карстовых озер того или иного генезиса, отличающиеся по минерализации и химическому составу вод. Формирование химизма вод рассматривается в тесной связи с условиями питания озер и генезисом их котловин.

Библиогр. 13 назв., табл. 1, ил. 1.

УДК 551.481.2.

Русских А. В., Устюгов Ю. М. Карстовое озеро Шайтан. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 101–106.

В статье впервые приводится описание гидрологических и гидрогеологических особенностей карстового озера Шайтан в Кировской области. Озеро является интересным явлением природы, так как на нем наблюдаются неперiodические выбросы воды.

Библиогр. 4 назв., ил. 2.

УДК 556.388.2 + 550.8234(471.53)

Шимановский Л. А., Сычкина Г. А., Куниц Э. В. О влиянии сейсморазведочных работ на подземные воды в районе Усвинского водозабора. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 106–116.

На основании анализа гидрогеологических условий (характер обводненности пород, характер подземного стока, мощность зоны пресных вод и т. д.) и результатов экспериментальных исследований установлены характер и степень влияния взрывов на подземные воды. Выделены районы, где сейсморазведочные работы не окажут вредного влияния «а подземные воды, и участки, где проведение подобных работ противопоказано.

Библиогр. 8 назв., табл. 1, ил. 3.

УДК 556.3.01

Сотников А. В. О возрасте подземных вод нефтяных залежей. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 116–121.

Рассмотрен вопрос о возрасте формирования нефтяных и газовых залежей Мангышлака. Отмечается, что воды глин и водоносных горизонтов юры, представляющие собой разновозрастный и разногенетический «коктейль», имеют обмен между собой, а также с водами фундамента и инфильтрационными водами в условиях попеременного уплотнения и разуплотнения пород во времени.

Библиогр. 6 назв., табл. 1.

УДК 556. 3

Шурубор А. В., Шилиев Ю. А. Гидрогеологические условия додевонских отложений Прикамья. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвузов, сб. научн. трудов. Пермский ун-т, 1981, с. 121–124.

Приводится краткое описание распространения рифейских и вендских отложений, их мощности, условий образования. Исследованы водообильность скважин, минерализация, метаморфизация вод, содержание микрокомпонентов. Гидрогеологические условия додевонских отложений на территории Прикамья оцениваются как благоприятные для сохранения залежей углеводородов. Воды могут быть использованы в бальнеологии и химической промышленности.

Библиогр. 7 назв.

УДК 553.981/982(470.5)

Шестов И. Н., Бачурин Б. А. Результаты изучения газов и органического вещества пластовых вод девонских терригенных отложений Прикамья. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 125–128.

Рассмотрены закономерности изменения газов и органического вещества в пластовых водах девонских терригенных отложений Пермской



области, Удмуртской АССР и Кировской области. Отмечена зависимость гидрогеохимических показателей от физико-химических свойств нефтей и попутных газов. Установлены критерии оценки нефтегазоносности локальных структур по газовым показателям и водорастворенному органическому веществу для девонских отложений Прикамья и сфера их прогнозного действия.

Библиогр. 5 назв., табл. 2.

УДК 551.491.43

Бельтюков Г. В., Петруха В. Н. Формирование агрессивных свойств трещинно-грунтовых вод и оценка гидрохимической обстановки в процессе инженерно-геологических изысканий. – В кн.: Гидрогеология и карстоведение. Межвуз. об. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 129–133.

Исследованы агрессивные свойства трещинно-грунтовых вод по данным химических анализов воды из скважин и колодцев. Обработаны данные за период с 1957 по 1979 г. по территории Мотовилихинского района г. Перми. Дана химическая характеристика состава трещинно-грунтовых вод. Отмечено преобладание зональной гидрокарбонатно-кальциевой фации. Установлено, что для трещинно-грунтовых вод не характерны агрессивные свойства, что обусловлено преобладанием в их питании гидрокарбонатно-кальциевых трещинно-пластовых вод шешминского горизонта.

Библиогр. 3 назв., табл. 2.

УДК 551.491.4

Жидкова Г. Г. Химический состав подземных и поверхностных вод бассейнов рек Мотовилихи и Егошихи. – В кн.: Гидрогеология и карстоведение. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 133–137.

Рассмотрен современный химический состав и минерализация грунтовых, пластово-трещинных и поверхностных вод бассейнов рек Мотовилихи и Егошихи, расположенных на территории г. Перми. Установлено загрязнение сточными водами.

Библиогр. 7 назв., табл. 2.

УДК 551.49(471.53)

Шерстиев В. А. Водообильные зоны пермских водоносных комплексов Пермской области. – В кн.: Гидрогеология и карстоведение. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 137–140.

Рассматриваются особенности распределения водообильных зон в пермских водоносных комплексах. В татарском, белебеевском и шешминском водоносных комплексах развиты тектогенные площадные зоны, приуроченные к перегибам пластов, и эрозионно-гравитационные линейные зоны. В Соликамском, иренском и артинско-филипповском преобладают литогенные карстовые водообильные зоны. Дается характеристика водообильности по родникам и скважинам для основной площади комплексов и для водообильных зон. Приводятся поисковые признаки водообильных зон.

Библиогр. 7 назв., табл. 1.

УДК 628.112.4

Архидьяконских Ю. В., Архидьяконских В. Ю., Лесков М. Д. Теоретические основы конструирования устройств для фильтрации скважинной жидкости или газа. – В кн.: Гидрогеология и карстоведение. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 141–147.

В работе приводятся результаты исследований притока жидкости или газа применительно к новым конструкциям фильтров и бесфильтровых

скважин, разработанных на основе представлений о распределении напряжений в песчаном монолите.

Библиогр. 13 назв.

УДК 553.3/9 (571)

Тюрина И. М., Костарева Н. М. Фосфориты карстовых впадин Сибири. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 147–150.

К одним из важнейших полезных ископаемых карстовых впадин относятся остаточно-метасоматические фосфориты. Месторождения этого типа широко распространены на юге Сибири – в Горной Шории, Кузнецком Алатау, Бетневском кряже, Восточном Саяне и Западном Прибайкалье. Наличие фосфатонакоплений на территории Сибири подтверждает значительную роль карстовых процессов в образовании и сохранении залежей фосфоритов. Все рассмотренные месторождения и фосфатопроявления связаны с карстовыми воронками, котловинами, эрозионно-карстовыми котловинами в карбонатных породах различного возраста.

Библиогр. 10 назв., ил. 1.

УДК 551.4

Климчук И. Л., Высоцкий В. И. К методике изучения газового состава воздуха пещер и водорастворенных газов. – В кн.: Гидрогеология и карстование. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермск. ун-т, 1981, с. 151 – 155.

Описан новый метод отбора газа с помощью газовой пипетки, который использовался при изучении газового состава воздуха пещер Подолли и воднорастворимых газов минеральных вод Западной Украины.

Библиогр. 8 назв., ил. 1, табл. 2.