

КАРСТ ГИПСОВ И АНГИДРИТОВ ЗЕМНОГО ШАРА

(Геотектоническая приуроченность, распространение и основные особенности)

Гипсы и ангидриты, которые мы в дальнейшем для краткости будем называть гипсами, образуют мощные толщи, возникшие в лагунных условиях, и характерны для тектонических эпох. Они известны в отложениях; всех геологических периодов, начиная с кембрия.

Максимальное образование сульфатов кальция лагунного типа наблюдалось в пермский, юрский и третичный периоды, а минимальное – в мелу и карбоне. В палеозое преобладали гипсы платформенной формации и краевых прогибов, а в мезозое и в третичное время они откладывались в геосинклинальных областях и прилегающих прогибах. В древних, складчатых областях, возникших в геосинклиналях, была неблагоприятная обстановка, если не для появления, то для сохранения легко выщелачиваемых гипсов и ангидритов.

Значительные скопления гипсов в виде пластов, пластообразных залежей, гипсовых шляп соляных куполов, линзовидных тел известны в основном в северном полушарии. Площадь, занятая обнаженными и погребенными гипсами и ангидритами, по подсчетам автора, составляет около 7 млн. км² (Максимович, 1947, 1955).

Гипсы в зависимости от движений земной коры и смены климатических обстановок могут залежать с другими карстующимися породами: известняками и доломитами или солью. Поэтому следует различать карст гипсовый, гипсово-известняковый, гипсово-доломитовый, гипсово-соляной или: соляно-гипсовый. Вторую и третью разности можно объединить в гипсово-карбонатный карст.

Распространение гипсового карста на Земле было показано автором в 1947 и 1955 гг., а для СССР в 1947, 1955, 1956, 1958 гг. (Максимович 1947, 1955, 1956). Развитие этого карста на нашей планете освещено также Г. П. Косаком (Kosack, 1952) и Н. А. Гвоздецким (1954).

На Сибирской платформе карст кембрийских гипсов известен в Ангаро-Ленском краевом прогибе, на Русской платформе карст палеозойских гипсов (пермских, девонских) – в Московской, Балтийской, Украинской, (Днепровско-Донецкой), Прикаспийской синеклизах, Припятском прогибе, Латвийской седловине, на Волго-Уральском и Башкирском сводах; третичные гипсы закарстованы в Польско-Литовской синеклизе. На Североамериканской докембрийской платформе также известен карст гипса палеозойских отложений синеклиз; на Африканской – карст третичных гипсов в Египте; третичных и меловых в Палестине. Небольшое проявление карста гипса известно в герцинской Таймырской складчатой зоне. во внутренних впадинах; вероятно этот карст и на Новой Земле.

Карст гипса развит в краевых прогибах палеозойской складчатости – Предуральском, Предтаймырском и Бахмутской впадине. В Чуйской синеклизе имеется карст палеозойского гипса (карбон). Подобное явление наблюдается и в районе Сарасуйских куполов. Эпигердинская Туранская плита обладает карстом третичных гипсов. Эпигердинские синеклизы характеризуются карстом гипса: Гемпширская в Англии – в триасовых гипсах, Северогерманская – в триасовых и пермских, Тюрингская – в пермских, Парижская – в третичных; Североамериканские палеозойские структуры – карстом гипса силурийских, девонских, каменноугольных отложений, Делавэрская – пермских. Карст гипса известен для антеклиз Гарца и Испанской Мезеты.

Гипсовый карст крутопоставленных пластов известен для альпийской складчатости Кавказа (юра), Альп и Апеннин (триас), Сицилии, Динарид (пермь), Северной Африки (триас), Копет-Дага (юра), Памира (юра), Гималаев (эоцен), Понтид (неоген), Кордильер (третичные) и других тор. Имеется он и в краевых прогибах: Предкарпатском (третичные), Предпамирском (мел, юра, третичные), Месопотамском (третичные) и др. Этот карст известен и для впадин среди зоны альпийской складчатости: Трансильванской, Большой Венгерской и др.

Карст гипса характеризуется следующими поверхностными и подземными формами.

Карры здесь довольно редки. Развита они на обнаженных поверхностях гипса в засушливых областях, а в условиях умеренного климата – по берегам рек и в карстовых воронках. Зато подземные карры весьма разнообразны.

Поноры широко развиты. Чаще всего они осложняют карстовые воронки. Реже, как, например, в Индерском районе, наблюдаются на дневной поверхности.

Воронки – наиболее распространенные карстовые формы. При этом, в отличие от известняковых областей, в гипсе преобладают провальные воронки. В Пермской области диаметр их обычно в два раза больший, чем в известняках. Количество воронок на 1 км² достигает в нижнем течении р. Ирени 50, а в среднем течении – 320. В районе Индера плотность карстовых воронок и попор местами достигает более 50.

Карстовые шахты обычно имеют небольшую глубину – 40–50 м и только для провала 1829 г. в Балаганской степи приводится, возможно, преувеличенная цифра – 128,7 м. Благодаря быстрой растворимости гипса карстовые шахты довольно скоро превращаются в провальные воронки или озера путем увеличения диаметра. Провальное происхождение карстовых шахт, так же как и их небольшая глубина, по сравнению с каратом в известняках, составляет специфическую особенность карста гипса.

В покрове платформ в гипсовом карсте наблюдаются и **карстовые котловины**. Они описаны в Пермском Приуралье, где размеры их от 0,5 до 1 и далее до 5–7 км в поперечнике и приближаются к небольшим полям (Максимович и Горбунова, 1958). В области соляных куполов они не всегда обусловлены растворением гипса, а значительную роль, по-видимому, играет и карст подстилающей соли.

Пещеры в гипсе сравнительно немногочисленны. Их, вероятно, имеется только одна – две тысячи и притом

значительно меньших размеров, чем в известняках. Вернее, здесь реже встречаются большие пещеры. Протяженность некоторых пещер (в км) в гипсах и ангидритах следующая (Максимович, 1947):

Карлюкская (Южный Узбекистан).....	До	10
Виммельбергская (ГДР, Эйслебен).....		6
Кунгурская ледяная		4,6
Кулогорская «Медвежья» (Онего-Двинский район).....	»	2
Алебастровая (США, Оклахома).....	Около	0,8
Балаганская (Приангарье).....	»	0,65 ¹
Нижнеудинская (Нижнеудинск).....	»	0,5
Большая Баскунчакская	»	0,35
Скорочицкая (Польша)	»	0,28
Мечкинская (Пермская область)	»	0,27
Сюкеевская «Девичья» (Татария)	»	0,25
Кизинчинская сквозная (Северный Кавказ).....	»	0,25
Западная Подолия – пещеры длиной до		0,25
Барнуковская на р. Пьяне	Около	0,20
Зуятская (Пермская область).....	»	0,20
Дмитриевская (Северный Кавказ).....	»	0,20
Уинская ледяная (Пермская область)	»	0,15
Ледяная (Северный Кавказ).....	»	0,15
Пинего-Кулойский район – пещеры длиной до		0,15
Сюкеевская Сухая (Татария)	Около	0,10
Козловая (Северный Кавказ).....	»	0,10
Голубиная (Северный Кавказ).....	»	0,10
Эльрихская (Германия, Гарц)	»	0,09
Пиликинская (Пермская область)	»	0,08
Лас-Вегас (США, Невада)	»	0,06
Дырихинская (Пермская область).....	»	0,06
Малая Баскунчакская	»	0,06
Каменская (Пермская область).....	»	0,06
Пономаревская (Пермская область).....	»	0,05
Иреньская ледяная (Пермская область).....	»	0,05
Сеславицкая № 11 (Польша)	»	0,04
Подкаменская (Пермская область).....	»	0,04
Эвансвилл (США, Канзас).....	»	0,03

¹ Длина Балаганской пещеры около 1 км. – *Ред.*

Длину менее 30 м имеют десятки пещер в гипсе в Пермской области, Башкирии, Оренбургской области, Прикаспийской низменности, на Северном Кавказе, в Средней Азии, Сибири, Польше, Германии и США.

Вследствие быстрой растворимости гипсов пещеры в них менее долговечны, чем в известняках. Обычно они становятся недоступными вследствие обвала входа. Много пещер уничтожается при разработке гипса. Пещеры в гипсах и ангидритах отличаются наличием органичных труб, подземных карр, кристаллов гипса и обычно отсутствием гипсовых сталактитов и сталагмитов.

Органичные трубы, или слепые колодцы, представляют собой одну из особенностей пещер в гипсах. Это вертикальные трубы в зоне вертикальной нисходящей циркуляции, выработанные водой и выходящие в потолке гротов или проходов. Вверху они обычно заканчиваются слепо. Это связано с тем, что цилиндрические поноры на дне карстовых воронок, как правило, заилены. В сложных многоэтажных пещерах органичные трубы доходят иногда не до карстовых воронок на поверхности, а до верхних этажей в зоне обрушения или прослоя известняков и доломитов. Подобное явление наблюдается в Кунгурской пещере. Поэтому обычно через органичные трубы в пещеру не проникает дневной свет. Однако имеются и исключения. Например, И. И. Лепехин (1772) описал в Башкирии в 1770 г. в пещере под деревней Курманаевой, на р. Аургазе две органичные трубы, через которые проникал дневной свет.

Весьма разнообразны **подземные формы выщелачивания** гипса и ангидрита (табл. 1). В Кунгурской пещере они особенно ярко выражены. Так называемые «люстры», свисающие с потолка в гротах «Коралловый риф», и другие скульптурные формы Е. С. Федоров принял даже за натечные образования. Н. К. Тихомиров (1934) выделяет для карста в гипсе и ангидрите микроформы пещер (подземных карр).

Таблица 1

Микроформы выщелачивания	Пути карстования	Агенты
Щелевидная	По плоскостям напластования	Пленочные, капиллярные воды и плоские эпизодические потоки
Макрогубка	Микротрещины и места, наиболее доступные выщелачиванию	Пленочные, капиллярные воды и струйки с турбулентным движением
Раковистая и шагреновая	Своды и главным образом стенки пустот	Пленочные и молекулярные воды
Трубчатая	Просачивание по трещинам с последующим падением	Работа капли химическая и механическая

Сложные трубки и органные трубы	Развитие предыдущих пустот	Работа капли, отчасти связь с ней сезонных колебаний воздуха (?)
Мостовая	Поверхности пустот	Колебание температуры и действие льда
Скорлуповая	То же	То же

Одна из особенностей гипсовых пещер – образование **кристаллов гипса** на полу. В Кунгурской пещере они были обнаружены в виде порошкового гипса на поверхности льда. Эти кристаллы гипса размером 2–3 мм образовались при сублимации покровного льда на полу пещеры, который, по данным анализов (Максимович, 1955), содержит до 1,27 г/л сульфата кальция. Более значительные кристаллы гипса указываются для пещер Западной Подолии. Наконец, в селенитовой пещере Наика в Мексике наблюдаются кристаллы гипса, достигающие 3–4 м длины. **Гипс почти не дает сталактитов и сталагмитов**, что связано, по-видимому, с его значительной растворимостью. Уникальными и своеобразными гипсовыми сталактитами и сталагмитами обладает Карлюкская пещера. Они здесь полые внутри и представляют собой, по описанию П. П. Чуенко (1937), трубчатые образования с наружным диаметром нередко более 1 м и толщиной стенок до 10 см. Они «при освещении внутри создают фантастическую обстановку».

В пещерах в гипсе наблюдаются **водные потоки**. Небольшие ручьи имеются в Пермско-Сергинской, Мечкинской, Пономаревской, Ключиковской и других пещерах Пермской области; Кизинчинских, Ледяной, Дмитриевской и Козловой на Северном Кавказе; Скорочицкой в Польше и некоторых других. Часто в пещерах протекают временные потоки после дождей.

Небольшие **подземные озера** известны в Кунгурской ледяной и других пещерах Пермской области, Башкирии, Татарии, Германии, Польши и др.

В результате обрушения сводов пещер образуются **естественные мосты**, которые для легко растворимых в воде гипсов обычно недолговечны и потому довольно редки. Карстовые мосты имеются в Пермской области, на Северном Кавказе, в США (штаты Канзас, Оклахома).

Положительные формы рельефа в виде холмов между карстовыми углублениями редко указываются в литературе. Это «холмы» карстовых котловин Нидзьянской мульды в Польше (Flis, 1954). А. А. Григорьев (1922) для Бернских Альп указывает на гипсовые пирамиды в триасовых гипсах. На Северном Кавказе (Зубашенко, 1938) гора Экепче-гадык разбита на ряд отдельных округлых вершин, сложенных из верхнеюрских гипсов. Они карстового происхождения и окружены карстовыми понижениями, «Гипсовые горки» около оз. Индер – вероятно, в основном результат поднятия вместе с солью и покрывающих ее гипсов. Часть гипсовых останцев, возможно, сформирована при участии карстообразования. Не вполне ясен вопрос о происхождении гипсового холма Агата 20 м высоты около Карлюка.

Гидрография и гидрогеология карста гипса и известняков в основном сходны. Отличие заключается в меньшем масштабе явлений и, главным образом, в химическом составе карстовых вод и питаемых ими источников, рек и озер. Атмосферные осадки и талые снеговые воды, уже пройдя небольшие пути по трещинам и пустотам в гипсе, минерализуются. В результате подземные потоки и озера пещер, карстовые источники, реки и озера обладают водой, непригодной для питья (Максимович и Голубева, 1949).

Не все озера гипсового карста имеют минерализованную воду. Это наблюдается только у провальных озер, которые вскрыли карстовые воды и ими питаются. По мере заполнения озерной котловины отложениями озеро переходит на питание грунтовыми водами, а в дальнейшем – только атмосферными осадками (Максимович, 1956а).

В районах гипсового карста, где и поверхностные и подземные воды часто непригодны для питья, карстовые озера, питающиеся грунтовыми водами и атмосферными осадками, иногда единственные источники питьевого водоснабжения. Подобные условия имеют место в ряде районов Пермской области и Башкирии. Районы гипсового карста характеризуются мощными восходящими и нисходящими карстовыми источниками, исчезающими реками и озерами. Если толща гипса и ангидрита находится ниже русел рек, то в них развиваются подрусовые потоки с поглощающими или выдающими воду воронками в русле. Подобные явления известны в Пермской области на реках Чусовой, Сылве, Ирени и в Башкирии на Уфе и Белой (Максимович, 1957а).

Основные типы гидродинамических профилей областей гипсового карста нами были рассмотрены ранее (Максимович, 1957б).

Приведенные данные показывают, что карст гипса обладает почти всеми особенностями карста известняков. Карстообразование в гипсах происходит быстрее, чем в самых чистых разностях известняков, но медленнее, чем у каменной соли. Однако это не может служить основанием для отнесения карста гипса и соли к суперкарстовым или сверхкарстовым явлениям, как это делают некоторые иностранные авторы (Chabot, 1925).

В районах гипсового карста интенсивное выщелачивание пород имеет своим следствием не только повышенную минерализацию речной воды, но и большую химическую денудацию. Так, в Пермской области и Башкирии вместо обычных 30 ц химическая денудация составляет 87–100 ц в год (Максимович, 1955; Максимович и Абрамов, 1957).

Гипсовый карст иногда весьма древний. Это документируется карстовыми воронками, выполненными дочетвертичными отложениями, обвально-карстовыми образованиями, карстовой брекчией и т. д. В районах, где гипс выходит на земную поверхность или находится вблизи нее, он неизбежно закарстовывается. При длительном пребывании какого-то района в субаэральных условиях вначале образуется карстовый рельеф с понорами, воронками, колодцами, пещерами, котловинами. Провальные явления над подземными пустотами приводят к появлению обвально-карстовых образований, которые на платформах обуславливают появление

среди почти горизонтальных отложений участков с значительными углами наклона. Несведущие геологи принимают это за тектонические явления. Такой случай был, например, в Пермской области при разбурировании района с. Усть-Кишерть после провала 1949 г. Обвальное-карстовое образование в местах сводовых поднятий кунгурских гипсов и ангидритов установлено бурением в Полазненско-Шалашнином карстовом районе Пермской области (Максимович и Горбунова, 1958).

Дальнейшее выщелачивание гипсов и ангидритов, особенно если они переслаиваются карбонатными отложениями, приводит к образованию за счет обрушения карстовой брекчии. Она была впервые описана М. Э. Ноинским (1905) для Самарской луки, Н. П. Герасимовым и Е. И. Тихвинской (1934) для Уфимского плато, М. И. Александровой (1952) для восточной части пустыни Бет-Лак-Дала и др.

Многие геологи принимали карстовую брекчию за тектоническую. В результате на прежних геологических картах Урала и СССР Уфимское плато оконтуривали сбросами, проведенными по зонам развития карстовой брекчии. Эту ольховскую брекчию В. И. Носаль считала стратиграфическим горизонтом (Наливкин, 1949).

Древний карст с воронками и котловинами, выполненными дочетвертичными отложениями, известен в Предуральяком краевом прогибе. Здесь в котловинах в кунгурских гипсах имеются третичные огнеупорные глины. В других местах в карстовых понижениях установлены мезозойские отложения (Максимович и Горбунова, 1958). Древний гипсовый карст имеется и во многих других районах.

Довольно широко распространенный карст в гипсах и ангидритах – это не частный случай растворимых пород, как это трактуют Э. А. Мартель (Martel, 1921) и Э. Мартонн (1945), а особый тип. Сравнительно малая мощность гипса, условия залегания и значительная быстрота растворения вызывают некоторые специфические особенности этого типа карста.

ЛИТЕРАТУРА

- Александрова М. И. К вопросу о происхождении древних впадин восточной Бет-Пак-Далы. – Географический сборник, № 1, М., 1952.
- Гвоздецкий Н. А. Карст, изд. 2. М., 1954.
- Герасимов Н. П. и Тихвинская Е. И. Разрез классического кунгура. – Зап. Всерос. минералог, об-ва, ч. 68, № 2, 1934.
- Григорьев А. А. К вопросу о влиянии растительности на процессы карстообразования. – Землеведение, кн. 3–4, 1923.
- Зубашенко М. А. Карстовые явления в верхнеюрских гипсах на северном склоне Западного Кавказа. – Изв. Воронежского пед. ин-та, т. 4, 1938.
- Лепехин И. Дневные записки путешествия по разным провинциям Российского государства в 1770 г., ч. 1. СПб., 1772.
- Максимович Г. А. Спелеографический очерк Пермской области. – Спелеолог, бюлл., № 1. Пермь, 1947.
- Максимович Г. А. Химическая география вод суши, 1955.
- Максимович Г. А. Озеро Кислое в Кишертском районе Пермской области и его происхождение. – Уч. зап. Пермского ун-та, т. 7, вып. 4, 1956.
- Максимович Г. А. Подрусловые пустоты и вопросы корреляции террас и горизонтальных карстовых пещер. – Уч. зап. Пермского ун-та. т. 11, вып. 2, 1957а.
- Максимович Г. А. Основные типы гидродинамических профилей областей карста карбонатных и сульфатных отложений. – ДАН СССР, т. 112, № 3, 1957б.
- Максимович Г. А. и Абрамов М. С. Химическая денудация в верховье р. Камы. – Уч. зап. Пермского ун-та, т. 11, вып. 2, 1957.
- Максимович Г. А. и Голубева Л. В. Характеристика гидрохимических фаций карстовых вод. Тезисы докл. конф. по химической географии вод. Пермь, 1949.
- Максимович Г. А. и Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958.
- Мартонн Э. Основы физической географии, т. II. Геоморфология. М., 1945.
- Наливкин В. Д. Стратиграфия и тектоника Уфимского плато и Юрезано-Сылвинской депрессии. – Труды ВНИГРИ, новая серия, вып. 46, Гостоптехиздат, 1949.
- Ноинский М. Э. О происхождении «брекчиевидного известняка» Самарской Луки. – Труды Об-ва естеств. при Казанском ун-те, т. 39, вып. 5. Казань, 1905.
- Тихомиров Н. К. Значение карста в гидрогеологии. – Труды Всес. гидрогеол. съезда, сб. 7, 1934.
- Чуенко П. П. Юго-западные отроги Гиссарского хребта, – Геология Уз.ССР, т. 2, 1937.
- Chabot G. Récents progrès de l'études des phénomènes karstiques. – Ann. Géogr., 34, 1925.
- Flis J. Kras gipsowy Nieckij Nidzianskiej. – Inst. Geogr. Polsk. AN N 1, Warszawa, 1954.
- Kosack H. P. Die Verbreitung der Karst- und Pseudokarsterscheinungen über die Erde. – Peterm. Geogr. Mitt., 96, N 1, 1952.
- Martel E. A. Nouveau traité des eaux souterraines. Paris, 1921.

Г. А. Максимович

КАРСТ ГИПСОВ И АНГИДРИТОВ ЗЕМНОГО ШАРА (Геотектоническая приуроченность, распространение и основные особенности)

Гипсы и ангидриты, которые мы в дальнейшем для краткости будем называть гипсами, образуют мощные толщи, возникшие в лагунных условиях, и характерны для геократических эпох. Они известны в отложениях всех геологических периодов, начиная с кембрия.

Максимальное образование сульфатов кальция лагунного типа наблюдалось в пермский, юрский и третичный периоды, а минимальное — в мелу и карбоне. В палеозое преобладали гипсы платформенной формации и краевых прогибов, а в мезозое и в третичное время они откладывались в геосинклинальных областях и прилегающих прогибах. В древних складчатых областях, возникших в геосинклиналях, была неблагоприятная обстановка, если не для появления, то для сохранения легко выщелачиваемых гипсов и ангидритов.

Значительные скопления гипсов в виде пластов, пластообразных залежей, гипсовых шляп соляных куполов, линзовидных тел известны в основном в северном полушарии. Площадь, занятая обнаженными и погребенными гипсами и ангидритами, по подсчетам автора, составляет около 7 млн. км² (Максимович, 1947, 1955).

Гипсы в зависимости от движений земной коры и смены климатических обстановок могут залегать с другими карстующимися породами: известняками и доломитами или солью. Поэтому следует различать карст гипсовый, гипсово-известняковый, гипсово-доломитовый, гипсово-соляной или соляно-гипсовый. Вторую и третью разности можно объединить в гипсово-карбонатный карст.

Распространение гипсового карста на Земле было показано автором в 1947 и 1955 гг., а для СССР в 1947, 1955, 1956, 1958 гг. (Максимович 1947, 1955, 1956). Развитие этого карста на нашей планете освещено также Г. П. Косаком (Kosack, 1952) и Н. А. Гвоздецким (1954).

На Сибирской платформе карст кембрийских гипсов известен в Ангаро-Ленском краевом прогибе, на Русской платформе карст палеозойских гипсов (пермских, девонских) — в Московской, Балтийской, Украинской, (Днепровско-Донецкой), Прикаспийской синеклизах, Припятском прогибе, Латвийской седловине, на Волго-Уральском и Башкирском сводах; третичные гипсы закарстованы в Польско-Литовской синеклизе. На Североамериканской докембрийской платформе также известен карст гипса палеозойских отложений синеклиз; на Африканской — карст третичных гипсов в Египте; третичных и меловых в Палестине. Небольшое проявление карста гипса известно в герцинской Таймырской складчатой зоне во внутренних впадинах; вероятен этот карст и на Новой Земле.

Карст гипса развит в краевых прогибах палеозойской складчатости — Предуральском, Предтаймырском и Бахмутской впадине. В Чуйской синеклизе имеется карст палеозойского гипса (карбон). Подобное явление наблюдается и в районе Сарасуйских куполов. Эпигерцинская Туранская плита обладает карстом третичных гипсов. Эпигерцинские синеклизы характеризуются карстом гипса: Гемпшарская в Англии — в триасовых гипсах, Северогерманская — в триасовых и пермских, Тюрингская — в пермских, Парижская — в третичных; Североамериканские палеозойские структуры — карстом гипса силурийских, девонских, каменноугольных отложений, Делаварская — пермских. Карст гипса известен для антеклиз Гарца и Испанской Мезеты.

Гипсовый карст крутоставленных пластов известен для альпийской складчатости Кавказа (юра), Альп и Апеннин (триас), Сицилии, Динарид (пермь), Северной Африки (триас), Копет-Дага (юра), Памира (юра), Гималаев (эоцен), Понтид (неоген), Кордильер (третичные) и других гор. Имеется он и в краевых прогибах: Предкарпатском (третичные), Предпамирском (мел, юра, третичные), Месопотамском (третичные) и др. Этот карст известен и для впадин среди зоны альпийской складчатости: Трансильванской, Большой Венгерской и др.

Карст гипса характеризуется следующими поверхностными и подземными формами.

Карры здесь довольно редки. Развиваются они на обнаженных поверхностях гипса в засушливых областях, а в условиях умеренного климата — по берегам рек и в карстовых воронках. Зато подземные карры весьма разнообразны.

Поноры широко развиты. Чаще всего они осложняют карстовые воронки. Реже, как, например, в Индерском районе, наблюдаются на дневной поверхности.

Воронки — наиболее распространенные карстовые формы. При этом, в отличие от известняковых областей, в гипсе преобладают провальные воронки. В Пермской области диаметр их обычно в два раза больше, чем в известняках. Количество воронок на 1 км² достигает в нижнем течении р. Ирены 50, а в среднем течении — 320. В районе Индера плотность карстовых воронок и понор местами достигает более 50.

Карстовые шахты обычно имеют небольшую глубину — 40—50 м и только для провала 1829 г. в Балаганской степи приводится, возможно, преувеличенная цифра — 128,7 м. Благодаря быстрой растворимости гипса карстовые шахты довольно скоро превращаются в провальные воронки или озера путем увеличения диаметра. Провальное происхождение карстовых шахт, так же как и их небольшая глубина, по сравнению с карстом в известняках, составляет специфическую особенность карста гипса.

В покрове платформ в гипсовом карсте наблюдаются и **карстовые котловины**. Они описаны в Пермском Приуралье, где размеры их от 0,5 до 1 и даже до 5—7 км в поперечнике и приближаются к небольшим полям (Максимович и Горбунова, 1958). В области соляных куполов они не всегда обусловлены растворением гипса, а значительную роль, по-видимому, играет и карст подстилающей соли.

Пещеры в гипсе сравнительно немногочисленны. Их, вероятно, имеется только одна — две тысячи и притом значительно меньших размеров, чем в известняках. Вернее, здесь реже встречаются большие пещеры. Протяженность некоторых пещер (в км) в гипсах и ангидридах следующая (Максимович, 1947):

Карлюкская (Южный Узбекистан)	До 10
Виммельбергская (ГДР, Эйслебен)	6
Кунгурская ледяная	4,6
Кулогорская «Медвежья» (Онего-Двинский район)	» 2

Алебастровая (США, Оклахома)	Около	0,8
Балаганская (Приангарье)	»	0,65 ¹
Нижнеудинская (Нижнеудинск)	»	0,5
Большая Баскунчакская	»	0,35
Скорочицкая (Польша)	»	0,28
Мечкинская (Пермская область)	»	0,27
Сюкеевская «Девичья» (Татария)	»	0,25
Кизинчинская сквозная (Северный Кавказ)	»	0,25
Западная Подолия — пещеры длиной до		0,23
Барнуковская на р. Пьяне	Около	0,20
Зуятская (Пермская область)	»	0,20
Дмитриевская (Северный Кавказ)	»	0,20
Уинская ледяная (Пермская область)	»	0,15
Ледяная (Северный Кавказ)	»	0,15
Пинего-Кулойский район — пещеры длиной до		0,15
Сюкеевская Сухая (Татария)	Около	0,10
Козловая (Северный Кавказ)	»	0,10
Голубиная (Северный Кавказ)	»	0,10
Эльрихская (Германия, Гарц)	»	0,09
Пиликинская (Пермская область)	»	0,08
Лас-Вегас (США, Невада)	»	0,06
Дырихинская (Пермская область)	»	0,06
Малая Баскунчакская	»	0,06
Каменская (Пермская область)	»	0,06
Пономаревская (Пермская область)	»	0,05
Иреньская ледяная (Пермская область)	»	0,05
Сеславицкая № 11 (Польша)	»	0,04
Подкаменская (Пермская область)	»	0,04
Эвансвилл (США, Канзас)	»	0,03

¹ Длина Балаганской пещеры около 1 км. — Ред.

Длину менее 30 м имеют десятки пещер в гипсе в Пермской области, Башкирии, Оренбургской области, Прикаспийской низменности, на Северном Кавказе, в Средней Азии, Сибири, Польше, Германии и США.

Вследствие быстрой растворимости гипсов пещеры в них менее долговечны, чем в известняках. Обычно они становятся недоступными вследствие обвала входа. Много пещер уничтожается при разработке гипса. Пещеры в гипсах и ангидритах отличаются наличием органических труб, подземных карр, кристаллов гипса и обычно отсутствием гипсовых сталактитов и сталагмитов.

Органические трубы, или слепые колодцы, представляют собой одну из особенностей пещер в гипсах. Это вертикальные трубы в зоне вертикальной нисходящей циркуляции, выработанные водой и выходящие в потолок гротов или проходов. Вверху они обычно заканчиваются слепо. Это связано с тем, что цилиндрические поноры на дне карстовых воронок, как правило, заилены. В сложных многоэтажных пещерах органические трубы доходят иногда не до карстовых воронок на поверхности, а до верхних этажей в зоне обрушения или прослоя известняков и доломитов. Подобное явление наблюдается в Кунгурской пещере. Поэтому обычно через органические трубы в пещеру не проникает дневной свет. Однако имеются и исключения. Например, И. И. Лепехин (1772) описал в Башкирии в 1770 г. в пещере под деревней Курманаевой, на р. Аургазе две органические трубы, через которые проникал дневной свет.

Весьма разнообразны **подземные формы выщелачивания гипса и ангидрита** (табл. 1). В Кунгурской пещере они особенно ярко выражены. Так называемые «люстры», свисающие с потолка в гротах «Коралловый

риф», и другие скульптурные формы Е. С. Федоров принял даже за натечные образования. Н. К. Тихомиров (1934) выделяет для карста в гипсе и ангидрите микроформы пещер (подземных карр).

Таблица 1

Микроформы выщелачивания	Пути карстования	Агенты
Щелевидная	По плоскостям напластования	Пленочные, капиллярные воды и плоские эпизодические потоки
Макрогубка	Микротрещины и места, наиболее доступные выщелачиванию	Пленочные, капиллярные воды и струйки с турбулентным движением
Раковистая и шагреновая	Своды и главным образом стенки пустот	Пленочные и молекулярные воды
Трубчатая	Просачивание по трещинам с последующим падением	Работа капли химическая и механическая
Сложные трубки и органические трубы	Развитие предыдущих пустот	Работа капли, отчасти связь с ней сезонных колебаний воздуха (?)
Мостовая	Поверхности пустот	Колебание температуры и действие льда
Скорлуповая	То же	То же

Одна из особенностей гипсовых пещер — образование **кристаллов гипса** на полу. В Кунгурской пещере они были обнаружены в виде порошкового гипса на поверхности льда. Эти кристаллы гипса размером 2—3 мм образовались при сублимации покровного льда на полу пещеры, который, по данным анализов (Максимович, 1955), содержит до 1,27 г/л сульфата кальция. Более значительные кристаллы гипса указываются для пещер Западной Подолии. Наконец, в селенитовой пещере Наика в Мексике наблюдаются кристаллы гипса, достигающие 3—4 м длины. **Гипс почти не дает сталактитов и сталагмитов**, что связано, по-видимому, с его значительной растворимостью. Уникальными и своеобразными гипсовыми сталактитами и сталагмитами обладает Карлюкская пещера. Они здесь полые внутри и представляют собой, по описанию П. П. Чуенко (1937), трубчатые образования с наружным диаметром нередко более 1 м и толщиной стенок до 10 см. Они «при освещении внутри создают фантастическую обстановку».

В пещерах в гипсе наблюдаются **водные потоки**. Небольшие ручьи имеются в Пермско-Сергинской, Мечкинской, Пономаревской, Ключиковской и других пещерах Пермской области; Кизинчинских, Ледяной, Дмитриевской и Козловой на Северном Кавказе; Скорочицкой в Польше и некоторых других. Часто в пещерах протекают временные потоки после дождей.

Небольшие **подземные озера** известны в Кунгурской ледяной и других пещерах Пермской области, Башкирии, Татарии, Германии, Польши и др.

В результате обрушения сводов пещер образуются **естественные мосты**, которые для легко растворимых в воде гипсов обычно недолговечны и потому довольно редки. Карстовые мосты имеются в Пермской области, на Северном Кавказе, в США (штаты Канзас, Оклахома).

Положительные формы рельефа в виде холмов между карстовыми углублениями редко указываются в литературе. Это «холмы» карстовых котловин Нидзянской мульды в Польше (Flis, 1954). А. А. Григорьев (1922) для Бернских Альп указывает на гипсовые пирамиды в триасовых гипсах. На Северном Кавказе (Зубашенко, 1938) гора Экепце-гадык разбита на ряд отдельных округлых вершин, сложенных из верхнеюрских гипсов. Они карстового происхождения и окружены карстовыми пониже-

ниями. «Гипсовые горки» около оз. Индер — вероятно, в основном результат поднятия вместе с солью и покрывающих ее гипсов. Часть гипсовых останцев, возможно, сформирована при участии карстообразования. Не вполне ясен вопрос о происхождении гипсового холма Агата 20 м высоты около Карлюка.

Гидрография и гидрогеология карста гипса и известняков в основном сходны. Отличие заключается в меньшем масштабе явлений и, главным образом, в химическом составе карстовых вод и питаемых ими источников, рек и озер. Атмосферные осадки и талые снеговые воды, уже пройдя небольшие пути по трещинам и пустотам в гипсе, минерализуются. В результате подземные потоки и озера пещер, карстовые источники, реки и озера обладают водой, непригодной для питья (Максимович и Голубева, 1949).

Не все озера гипсового карста имеют минерализованную воду. Это наблюдается только у провальных озер, которые вскрыли карстовые воды и ими питаются. По мере заполнения озерной котловины отложениями озеро переходит на питание грунтовыми водами, а в дальнейшем — только атмосферными осадками (Максимович, 1956а).

В районах гипсового карста, где и поверхностные и подземные воды часто непригодны для питья, карстовые озера, питающиеся грунтовыми водами и атмосферными осадками, иногда единственные источники питьевого водоснабжения. Подобные условия имеют место в ряде районов Пермской области и Башкирии. Районы гипсового карста характеризуются мощными восходящими и нисходящими карстовыми источниками, исчезающими реками и озерами. Если толща гипса и ангидрита находится ниже русел рек, то в них развиваются подрусловые потоки с поглощающими или выдающими воду воронками в русле. Подобные явления известны в Пермской области на реках Чусовой, Сылве, Ирени и в Башкирии на Уфе и Белой (Максимович, 1957а).

Основные типы гидродинамических профилей областей гипсового карста нами были рассмотрены ранее (Максимович, 1957б).

Приведенные данные показывают, что карст гипса обладает почти всеми особенностями карста известняков. Карстообразование в гипсах происходит быстрее, чем в самых чистых разностях известняков, но медленнее, чем у каменной соли. Однако это не может служить основанием для отнесения карста гипса и соли к суперкарстовым или сверхкарстовым явлениям, как это делают некоторые иностранные авторы (Chabot, 1925).

В районах гипсового карста интенсивное выщелачивание пород имеет своим следствием не только повышенную минерализацию речной воды, но и большую химическую денудацию. Так, в Пермской области и Башкирии вместо обычных 30 м химическая денудация составляет 87—100 м в год (Максимович, 1955; Максимович и Абрамов, 1957).

Гипсовый карст иногда весьма древний. Это документируется карстовыми воронками, выполненными дочетвертичными отложениями, обвальнос-карстовыми образованиями, карстовой брекчией и т. д. В районах, где гипс выходит на земную поверхность или находится вблизи нее, он неизбежно закарстовывается. При длительном пребывании какого-то района в субаэральных условиях вначале образуется карстовый рельеф с понорами, воронками, колодцами, пещерами, котловинами. Провальные явления над подземными пустотами приводят к появлению обвальнос-карстовых образований, которые на платформах обуславливают появление среди почти горизонтальных отложений участков с значительными углами наклона. Несведущие геологи принимают это за тектонические явления. Такой случай был, например, в Пермской области при разбуривании района с. Усть-Кишерть после провала 1949 г. Обвальнос-карстовые образования в местах сводовых поднятий кунгурских гипсов и ангидритов установлены бурением в Полазненско-Шалашнинском карстовом районе Пермской области (Максимович и Горбунова, 1958).

Дальнейшее выщелачивание гипсов и ангидритов, особенно если они переслаиваются карбонатными отложениями, приводит к образованию за счет обрушения карстовой брекчии. Она была впервые описана М. Э. Ноинским (1905) для Самарской луки, Н. П. Герасимовым и Е. И. Тихвинской (1934) для Уфимского плато, М. И. Александровой (1952) для восточной части пустыни Бет-Пак-Дала и др.

Многие геологи принимали карстовую брекчию за тектоническую. В результате на прежних геологических картах Урала и СССР Уфимское плато оконтуривали сбросами, проведенными по зонам развития карстовой брекчии. Эту ольховскую брекчию В. И. Носаль считала стратиграфическим горизонтом (Наливкин, 1949).

Древний карст с воронками и котловинами, выполненными дочетвертичными отложениями, известен в Предуральском краевом прогибе. Здесь в котловинах в кунгурских гипсах имеются третичные огнеупорные глины. В других местах в карстовых понижениях установлены мезозойские отложения (Максимович и Горбунова, 1958). Древний гипсовый карст имеется и во многих других районах.

Довольно широко распространенный карст в гипсах и ангидритах — это не частный случай растворимых пород, как это трактуют Э. А. Мартель (Martel, 1921) и Э. Мартонн (1945), а особый тип. Сравнительно малая мощность гипса, условия залегания и значительная быстрота растворения вызывают некоторые специфические особенности этого типа карста.

ЛИТЕРАТУРА

- Александрова М. И. К вопросу о происхождении древних впадин восточной Бет-Пак-Далы.— Географический сборник, № 1, М., 1952.
- Гвоздецкий Н. А. Карст, изд. 2. М., 1954.
- Герасимов Н. П. и Тихвинская Е. И. Разрез классического кунгура.— Зап. Всерос. минералог. об-ва, ч. 68, № 2, 1934.
- Григорьев А. А. К вопросу о влиянии растительности на процессы карстообразования.— Землеведение, кн. 3—4, 1923.
- Зубашенко М. А. Карстовые явления в верхнеюрских гипсах на северном склоне Западного Кавказа.— Изв. Воронежского пед. ин-та, т. 4, 1938.
- Лепехин И. Дневные записки путешествия по разным провинциям Российского государства в 1770 г., ч. 1. СПб., 1772.
- Максимович Г. А. Спелеографический очерк Пермской области.— Спелеолог. бюлл., № 1. Пермь, 1947.
- Максимович Г. А. Химическая география вод суши, 1955.
- Максимович Г. А. Озеро Кислое в Кишертском районе Пермской области и его происхождение.— Уч. зап. Пермского ун-та, т. 7, вып. 4, 1956.
- Максимович Г. А. Подрусловые пустоты и вопросы корреляции террас и горизонтальных карстовых пещер.— Уч. зап. Пермского ун-та, т. 11, вып. 2, 1957а.
- Максимович Г. А. Основные типы гидродинамических профилей областей карста карбонатных и сульфатных отложений.— ДАН СССР, т. 112, № 3, 1957б.
- Максимович Г. А. и Абрамов М. С. Химическая денудация в верховье р. Камы.— Уч. зап. Пермского ун-та, т. 11, вып. 2, 1957.
- Максимович Г. А. и Голубева Л. В. Характеристика гидрохимических фаций карстовых вод. Тезисы докл. конф. по химической географии вод. Пермь, 1949.
- Максимович Г. А. и Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958.
- Мартонн Э. Основы физической географии, т. II. Геоморфология. М., 1945.
- Наливкин В. Д. Стратиграфия и тектоника Уфимского плато и Юрезано-Сылвинской депрессии.— Труды ВНИГРИ, новая серия, вып. 46, Гостоптехиздат, 1949.
- Ноинский М. Э. О происхождении «брекчиевидного известняка» Самарской Луки.— Труды Об-ва естеств. при Казанском ун-те, т. 39, вып. 5. Казань, 1905.
- Тихомиров Н. К. Значение карста в гидрогеологии.— Труды Всес. гидрогеол. съезда, сб. 7, 1934.
- Чуенко П. П. Юго-западные отроги Гиссарского хребта.— Геология Уз.ССР, т. 2, 1937.
- Chabot G. Récents progrès de l'études des phénomènes karstiques.— Ann. Géogr., 34, 1925.
- Fliś J. Kras gipsowy Niecky Nidzianskiej.— Inst. Geogr. Polsk. AN N 1, Warszawa, 1954.
- Kosack H. P. Die Verbreitung der Karst- und Pseudokarsterscheinungen über die Erde.— Peterm. Geogr. Mitt., 96, N 1, 1952.
- Martel E. A. Nouveau traité des eaux souterraines. Paris, 1921.