

## ТРАНССЛОЕВЫЕ НЕМАГМАТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ – СХОДСТВО И РАЗЛИЧИЯ

Рассматриваются вопросы терминологии и классификации гидротермально-флюидных процессов и их отличия от карста. Приводятся критерии диагностики карстовых процессов, отличия гипергенного карста от гидротермокарста. Предложен вариант уточнения понятий туффизитов, флюизитов, флюидолитов, структур газовой проницаемости. Делается попытка обобщения признаков различных флюидных процессов. Сделан вывод о существовании широкого спектра трансслоевых немагматических процессов, обладающих специфическими параметрами и масштабами, а также комплексом полезных ископаемых.

Ключевые слова: *карст, гидротермокарст, флюидолиты, туффизиты, зоны глубинной газовой проницаемости, критерии, оруденение.*

Questions of terminology and classification of hydrothermal fluid processes as well as their differences from the karst are considered in the article. Diagnostics criteria of karst processes, differences of hypergene karst from hydrothermocarst are shown. An option of specification such definitions as tuffisite, флюизитов, fluidolith, structures of the gas permeability is suggested. Characteristics generalization of various fluid processes is attempted. The conclusion about the existence of a wide spectrum of translayer no magmatic processes, having specific parameters and scales, as well as mineral deposits complex is made.

Keywords: *karst, hydrothermocarst, fluidolith, tuffisites, zone of deep gas permeability, criteria, mineralization.*

В последнее время появляется все больше работ, посвященных секущим немагматическим образованиям. Это флюидолиты, флюизиты, туффизиты и т. н. геосолитоны. Вопрос об определении, классификации флюидных явлений все еще остается дискуссионным. Наличие т. н. геосолитоновых структур вероятно, но их исследование находится на начальной стадии. Видимо, правильнее ставить вопрос о зонах проницаемости, по которым осуществляется глубинная дегазация планеты. Эти явления остаются в достаточной степени неопределенными, имеют разную степень изученности и достоверности и при этом близки в некоторых аспектах и проявлениях. Зачастую они не распознаются, смешиваются, а иногда и вовсе не признаются геологами. Мы сталкиваемся с проблемой весьма свободного употребления геологами терминов, которые не имеют до сих пор четкого определения или употребляются без учета первичного, ранее общепринятого определения. Такие термины, как туффизиты, флюидолиты, флюизиты, зачастую используются практически как синонимы. Карстогенный материал (заполнитель палеокарстовых полостей) часто принимается за флюидолиты.

Понятие «карст», казалось бы, не требует особых пояснений. К сожалению, это не совсем так. Если заглянуть в словари и работы крупнейших карстоведов, вы найдете весьма пестрый спектр определенных и концептуальных подходов. Достаточно сказать, что многие серьезные исследователи считают, что это не только процесс, но и явление – формы проявлений, например, полости. До сих пор нет общепринятой таксонометрии карстовых образований, хотя автором еще в семидесятых годах была разработана четкая научно обоснованная морфологическая классификация карстовых полостей и их систем. Мы предлагаем наиболее общее определение карста в широком понимании как процесса

растворения горных пород с образованием полостей, перемещением и частичным переотложением растворенного вещества в другом месте. Впрочем, иногда о созидательной роли карста вообще забывают и говорят только об образовании полостей. Под это определение подпадает и классический (холодный, гипергенный карст), и гидротермокарст (горячий, близкий к гипогенному). Очень важны генетические особенности карста. Прежде всего он образуется в связи с деятельностью текучих вод в процессе инфлюации, а не трещинной инфильтрации, которая ему предшествует. Во-вторых, карст развивается под действием гравитации – карстовые воды имеют нисходящую гидродинамику, и только в зоне фреатической циркуляции гравитация не является преобладающим фактором, воды даже поднимаются вверх до уровня местного базиса карстования. В-третьих, карстовый процесс – холодный, карстовые воды принимают температуру массива, а на поверхности зависят от климатических и погодных условий. Минерализация карстовых вод почти всегда небольшая, и они часто служат прекрасными высокодебитными, а местами и единственными источниками питьевых вод. Карст существенным образом отличается от любого вида метасоматоза, так как это процесс растворения вещества, а не замещения. Иногда полости, весьма напоминающие карстовые, образуются при суффозионном, эрозионном процессе, в некоторых карстовых пещерах роль этих т. н. псевдокарстовых явлений достаточно высока, но все же масштаб их существенно ниже. В литературе встречается очень неудачный термин «термокарст», который относится к мерзлотным явлениям (таяния, агрегатного перехода) и ничего общего с карстом – растворением пород не имеет.

Неопределенность в карстовой тематике возникла в связи с тем, что карстоведение и спелеология в некоторых странах, в частности в России, разви-

Типы систем	Группы и подгруппы систем			
	Горизонтальные	Каскадные		Многоэтажные
		С преобладанием горизонтальных полостей	С преобладанием вертикальных полостей	
Простые				
Разветвленные				
Лабиринтовые				

Рис. 1. Структурно-морфологическая классификация систем карстовых полостей

вались (и развиваются) как общественное движение, а не официальная наука, чистота терминологии утеряна из-за отсутствия профессионализма и серьезного научного контроля.

Карстовые полости развиваются и локализуются в соответствии с определенными закономерностями и особенностями геологического строения и гидродинамическими условиями района. Морфология карстовых полостей и их систем соответствует этим конкретным условиям. Пользуясь этими закономерностями, можно прогнозировать положение палеополостей и рудных тел, связанных с локализацией в них рудного вещества (рис. 1).

В данном случае нас больше интересует не сам карст, а наполнитель его полостей – карстогенный материал, весьма специфичный и в то же время разнообразный. Это карстовые брекчии: обломки растворимых материнских пород (известняка, доломита и т. д.), карстогенный аллювий, натечные «крустификационные» агрегаты, образованный в результате кристаллизации из раствора при метасоматозе ранее образованного кольматолита большой спектр полезных ископаемых осадочного, гидротермального генезиса и т. д. В качестве примеров месторождений карстового генезиса могут быть приведены залежи алмазов в карстовых палеополостях Трансвааля на площади Лихтенбург, которые в течение нескольких лет превышали суммарную добычу из кимберлитовых трубок, Тин-Тук во Вьетнаме (олово), Красная Шапочка, Калининское на Урале, залежи на Кубе и других регионах (бокситы), Телекское в Западной Сибири и Карстовое в Северном Кызылкуме (фосфориты), Порожинское в Енисейском кряже (марганец), Алапаевское, Липовское, Черемшанское на Урале (железо-никелевые), Гумешевское на Урале (малахит) и т. д. Вопрос рудоносности карстовых палеополостей множество раз поднимался [2, 5–7, 13, 16], но в связи с недостаточным знанием специфических особенностей их локализации эти аспекты до сих пор остаются маловостребованными. В то же время увлечение туффизитами и флюизитами приводит к неоправданной ревизии значения кар-

ста. Показательна в этом отношении публикация И. А. Кузьмина «Перспективы коренной алмазности Нижнего Приангарья», которая в основном посвящена проблеме флюидолитов [4]. Но под этим термином подразумеваются практически все трансслоевые несимметричные явления, имеющие восходящий вектор. Кроме структур, отраженных в «Атласе структур и текстур флюидно-эксплозивных пород» [19], среди флюидолитов оказываются скорее трубки взрыва, астроблемы и даже гидротермокарстовые образования. Критикуя концепцию карстового контроля оруденения, И. А. Кузьмин пишет: «Известно, что максимальная глубина карстовых полостей никогда не превышает величины относительного превышения между урезом воды ближайшего крупного водотока (или озера, моря) и устьем карстовой полости», что не соответствует действительности. Например, полости фреатической зоны Каповой пещеры находятся на глубине более 80 м под местным базисом эрозии (р. Белая). Рекорд спуска спелеологов в карстовой шахте Крубера (Воронья) в Абхазии существенно превышает 2 км. Подводная пропасть Воклюз в Провансе, на берегу которой Петрарка писал сонеты Лауре, имеет глубину 315 м и уходит на 235 м ниже уровня Средиземного моря. Гидротермокарстовые полости в Родобах вскрывались бурением на глубинах более 3 км, т. е. карст имеет существенную глубинность.

В монографии И. А. Кузьмина приводится также ссылка на работу Э. И. Кутырева, Ю. С. Ляхницкого и Б. М. Михайлова [5], но ее содержание воспринимается неправильно. Гидротермокарст трактуется как процесс, в общем более сходный с флюидолитами. Конечно, такой подход к решению сложных дискуссионных вопросов геологии нельзя считать позитивным. Несколько явлений, возникающих в результате разных процессов, контролирующихся разными факторами, обобщается как нечто «близкое» или даже однообразное и противопоставляется карсту.

Работы В. А. Смирнова заслуживают особого внимания. В ранних статьях он утверждал, что пещеры на Урале и в Крыму сформированы при

внедрении ультраосновных интрузий, которые позднее превратились в глину. Ясно, что в таком виде подобные гипотезы несостоятельны. Но сейчас он опубликовал очень интересную книгу «Горячий карст» [12], в ней собран очень ценный фактический материал по образованиям, которые почти наверняка относятся к флюидолитам и туффизитам. К сожалению, название ошибочно — горячим карстом часто называют гидротермокарст. Многие положения анализа собранного материала, проведенного автором, противоречат достоверно установленным закономерностям, известным из карстоведения. Возможно, некоторые полости, описанные В. А. Смирновым, действительно имеют некарстовое происхождение. Это только подтверждает нашу оценку ситуации, при которой большой фактический материал, накопленный геологами в этой области, до сих пор не находит удовлетворительного объяснения, а сами процессы и явления не всегда определены и строго классифицированы.

Показательны работы Г. А. Беленицкой о флюидном направлении в литологии, в которых приведен очень большой фактический материал, иллюстрирующий значимость флюидных процессов [1 и др.] Для того времени идея высокой важности трансслоевых процессов (газового, гидротермального, флюизитового потока из глубинных оболочек и, возможно, даже ядра планеты, по зонам проницаемости к поверхности) была очень актуальна. Сейчас существенная значимость трансслоевых процессов осознается уже очень многими исследователями. Актуальной становится проблема их дифференциации. Ясно, что «флюиды» в широком понимании, от газа до суспензии сложного

состава, имеют различные свойства, их геологическая работа различна, локализация вещества в геологическом пространстве имеет существенную специфику. Задачи современной практической и теоретической геологии — установить природу и четко различать эти явления, чтобы не только диагностировать их на практике, но и, разработав критерии локализации, выявлять связанные с ними полезные ископаемые. Закономерности локализации оруденения, связанного с карстом, в общем ясны.

Гидротермокарст как особый процесс выделен Ван-Хайзом еще в 1904 г., в дальнейшем к нему не раз обращались карстоведы Ф. Pavai-Vajana (1931); Г. А. Максимович (1969); L. Jakucs (1977); S. Dzulyński (1976); В. Н. и Ю. В. Дублянские [2], 1984, Р. А. Цыкин [16]. По определению это карстовый процесс, осуществляемый термальными водами с восходящей гидродинамикой (в движении которых преобладают восходящие потоки). Для гидротермокарста характерны многие свойства холодного карста, например, контроль полостей структурными факторами. Температура вод в этом процессе обычно сравнительно невелика и не превышает нескольких сотен градусов. По направлению гидродинамического вектора гидротермокарст противоположен таковому для карста. Для карста характерны нисходящие воды, для гидротермокарста — напорные восходящие. Это рождает «морфологически зеркальные» системы полостей, т. е. зона вертикальной циркуляции находится в нижней части гидротермокарстовых систем, а горизонтальной — в верхней, где происходит изливание этих вод на поверхность (рис. 2). Генезис гидротермокарстовых вод очень разнообразен. Это и воды глубинной

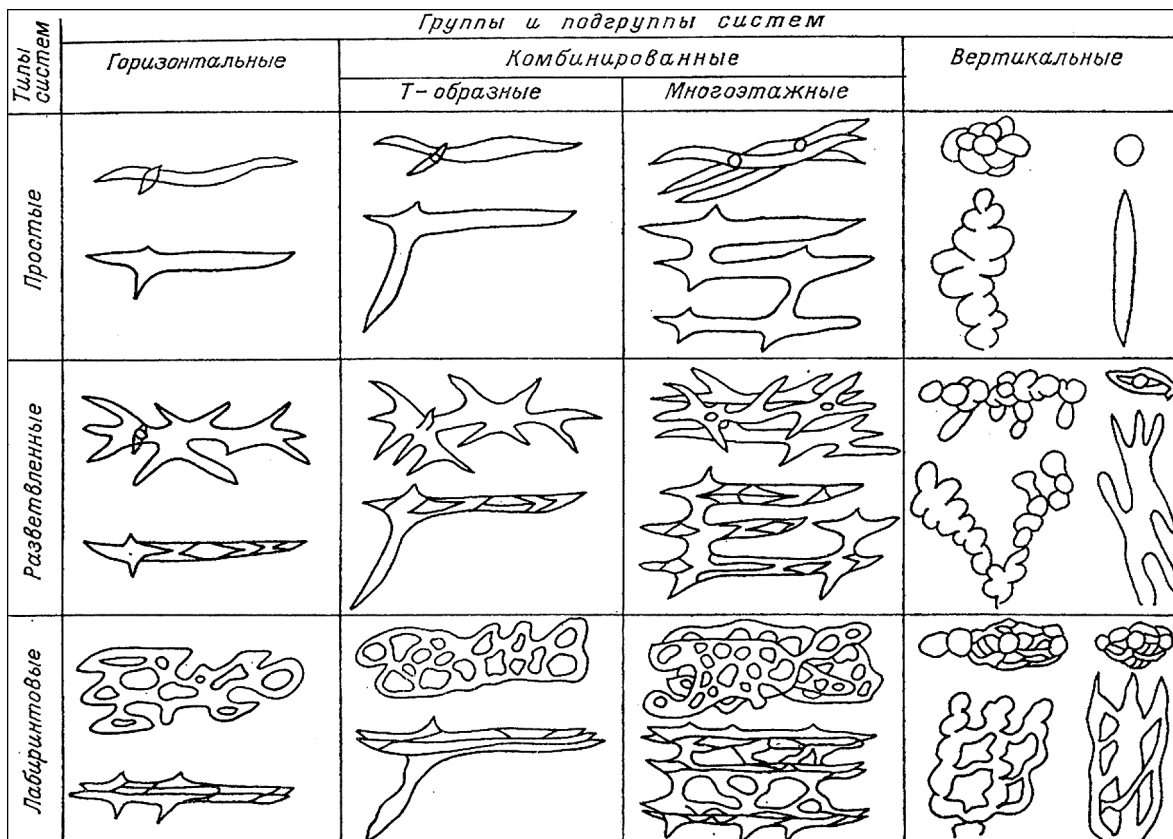


Рис. 2. Структурно-морфологическая классификация гидротермокарстовых систем полостей





Рис. 4. Сечения отработанных богатых гидротермокарстовых свинцово-цинково-рудных залежей Воздвиженского месторождения Восточного Забайкалья (по С. С. Смирнову, 1961) [11]

– стратиграфические (приуроченность брекчий или рудных тел в разрезе к контактам с водоупорными горизонтами, к определенным палеогипсометрическим уровням в однородных, монотонных по составу карбонатных толщах, нередко на определенном удалении от поверхности стратиграфического перерыва или углового несогласия);

– морфологические и текстурные признаки кольматолита (резкое изменение мощности, примыкание брекчиевого, песчаного или глинистого слоя к карбонатному слою, резкое изменение текстуры, структуры, цвета породы по простиранию, наличие натечных образований – сталактитов, сталагмитов, сталагнатов, кораллитов, гелектитов, эскудатов, скорлуповатые, сферолитовые, кокардовые, корковые, крустификационно-полосчатые, ритмично-полосчатые текстуры пород и руд, наличие среди брекчий обломков друз кальцита, кварца, флюорита и других минералов, текстуры отложенных потоков (косая грядная или волнистокосая слоистость), текстуры отстойников; разнообразные секреты с хорошо ограненными кристаллами, реликтовые свободные полости различного размера, иногда с друзами минералов, в том числе рудных);

– вещественные (специфический гранулометрический состав карстовых брекчий, состоящих из несортированного и неокатанного материала, от глыб до тонкого песка и глин, отсутствие цемента в брекчиях с крустификационными оторочками, цемент брекчий – доломитовая мука, песок, карбонатный туф, травертин, доларенит, калькаренит, узорчато-полосчатое рудное вещество, в том числе сульфиды и окислы свинца, цинка, меди, сурьмы, железа – перечисленные образования могут встречаться и в виде самостоятельных кольматолитов, обломки пород, отличные по составу от вмещающих образований);

– палеонтологические (остатки фауны и флоры, пыльцы и спор, отличные по возрасту от вмещающих пород);

– температура образования кольматолита (экзокарстового 5–50 °С, эндокарстового до 200–350 °С, иногда выше).

Гидротермокарст имеет свои признаки, позволяющие отличать его от «холодного» экзокарста. Наиболее существенны морфологические признаки гидротермокарстовых систем (рис. 2), преобладание вертикальных полостей (тел брекчий, других кольматолитов) в нижней части системы и горизонтальных в верхней, широкое развитие извилистых труб, ходов, ротонд, анфилад, гроздевидных систем. Гидротермокарстовые полости нередко минерализованы по всему сечению, тогда как экзокарстовые преимущественно в донной части или выборочно, в кровле, подошве либо на стенках пустот. В эндокарсте обычны сульфиды, кристаллически-зернистые структуры, грубополосчатые, «бурудучные» текстуры, в экзокарсте распространены оксиды и гидроксиды железа и марганца, натечные, корковые, «папиришпатовые» карбонаты. В эндокарсте преобладают эксцентрические натечные образования – сферолиты, кораллиты, гелектиты, эскудаты. Гидротермокарстовые брекчии, кроме обычных включений (гравитационно-обвальных и эрозивно-обвальных), содержат т. н. брекчии гидротермальных взрывов, происходящих при резком изменении давления в результате вскипания раствора вблизи земной поверхности или около полостей большого объема. Вследствие таких взрывов образуются зоны раздробленных пород с радиально расходящимися и постепенно затухающими трещинами.

Некоторые характеристики являются конвергентными и взятые по отдельности не могут быть однозначными диагностическими признаками. Однако в совокупности с другими характеристиками, в определенном их сочетании, они позволяют уверенно отличать экзогенные образования карста от эндогенных.

В природе карстовые и гидротермокарстовые процессы могут участвовать в формировании месторождений в различных вариантах (рис. 5), но это достаточно сложные и длительные процессы.

Флюидолиты (флюозиты, флюидно-эксплозивные образования, туффизиты) – термин пока не четко определен. Если понимать его в широком смысле, он объединяет и магматические образования, туффизиты и даже гидротермокарст. Но есть попытки дифференциации этих процессов и придания им более узкого значения. Н. А. Фогельман в 1969 г. [14] определяла их как подвижные обломочные массы, состоящие из пород и минералов преимущественно невулканического происхождения, отторгнутых от стенок вулканических камер и каналов. Эти образования формируются в результате физико-механического и химического взаимодействия высокотемпературных флюидов с горными породами [19]. Формирование этих пород авторы [19] связывают с флюидными потоками из коровых очагов [3, 14], или даже гипотетически из мантии [18] или ядра [10]. При прорыве газа образуется суспензия, которая течет как жидкость. В технике этот процесс называется «псевдооживлением» (меньше вулканизма и больше «флюидности»). В соответствии с современными данными движущим агентом процесса является не столько газ, сколько флюид – жидкое, газовой-жидкое вещество, переносящее обломочный материал, в том числе рудные компоненты. Выделение этого типа (невулканических?) пород до сих пор вызывает ожесточенные споры. Нам представляется, что отрицать наличие большого количества этих очень

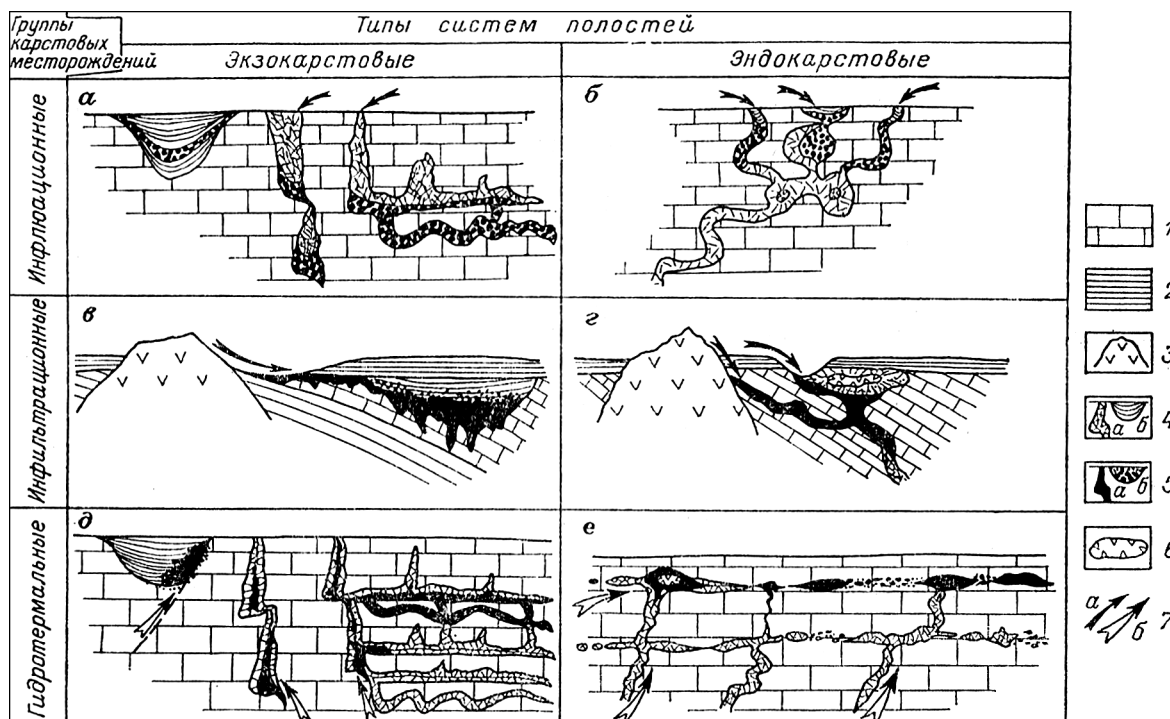


Рис. 5. Генетическая классификация карстовых месторождений

Породы: 1 – карстующиеся, 2 – терригенные, 3 – ультраосновные карстовые полости; 4 – с нерудным заполнителем; 5 – рудным веществом (а – массивным, б – прожилково-вкрапленным); б – «свободные» полости, жеоды; 7 – рудоносные инфильтрационные воды (а) и термальные растворы (б)

своеобразных пород просто невозможно. Конечно, можно вести дискуссию об их природе, генезисе глубинности и положении в классификации горных пород. В Петрографическом кодексе России флюидолиты определены как новый тип эндогенных горных пород, и с этим надо согласиться. Авторы [19] считают, что эти породы образуют самостоятельный тип горных пород, равнозначный по рангу магматическим и осадочным породам. Вопрос о генезисе флюидолитов представляется весьма сложным. Они образуются из различных подстилающих и вмещающих пород под действием флюидных потоков. Во-первых, они изменяются (метаморфизм), во-вторых, переносятся и отлагаются, образуя подобие некков, силлообразные, линзообразные тела или покровы на поверхности, т. е. процесс близок к внедрению интрузий или к осадконакоплению. По аналогии с карстовым заполнителем это результат функционирования особой системы, агентами которой являются потоки (флюиды) и переносимый материал. Только потоки здесь главным образом не водные, а газо-гидротермальные с большим количеством обломочного материала разной консистенции. Как и с карстом, здесь существует двойственность понятия – процесс и явление (специфических тел и породы). Без сомнения, это особое образование, как и карстовый или гидротермокарстовый материал. Как и карстовый заполнитель, его надо уметь диагностировать. В связи с особенностями генезиса флюидолитов фиксируются признаки высоких и низких температур и давлений, следы слабых и интенсивных динамических воздействий, приводящих к интеграции и дезинтеграции минеральных форм и агрегатов, т. е. взаимоисключающих на первый взгляд признаков. Неоднородность и противоречивость признаков создает некоторые

трудности при диагностике флюидолитов. При поверхностном осмотре они могут быть приняты за карстовые, гидротермокарстовые образования; вулканогенно-осадочный, ледниковый, астроблемный материал и продукты кор выветривания. Необходим детальный комплексный анализ признаков. Как считают авторы [19], для диагностики флюидолитов первостепенное значение приобретают их текстурные и структурные признаки, состав минеральных фаз, в том числе ксеногенных, и связующей массы, а также их геохимические особенности. Главным признаком флюидолитов на микроуровне являются дезинтеграция и разнообразная деформация зерен с образованием «микролитов». В шлифах наблюдаются расщепление флюидами зерен псаммитовой размерности, вплоть до превращения их в скелетные формы, и в то же время наличие округлённых зёрен. Очень характерны сферические включения специфических «галек», образование которых связано с механической и химической обработкой обломков флюидом при переносе во взвешенном состоянии. Типично наличие микроскопических кварцевых шариков, возникающих при образовании капель-глобулей в жидком или вязком кремнекислом флюидопотоке за счёт действия сил межмолекулярного притяжения [19], а также «взорванных ксенолитов», образование которых связывается с резкими изменениями температуры и давления при их выносе в приповерхностную зону с холодными водами. Важный признак флюидолитов – флюидалные текстуры, указывающие на перемещение, «течение» материала.

К сожалению, сходство многих генетических параметров с гидротермокарстовыми образованиями, по-видимому, делает эти определения неоднозначными. По нашему мнению, особенно важен

морфологический анализ, который пока практически не проведен. Если при микроскопических исследованиях шлифов и описании образцов мы можем допустить ошибку из-за конвергенции петрографических признаков, то морфология тел и их систем, различных образований, как правило, может однозначно указать на создавший их процесс. Например, если карстовые системы полостей имеют сверху вертикальные полости (колодцы, шахты, пропасти), а внизу горизонтальные (ходы, галереи, залы), то гидротермокарстовые системы определяются по приуроченности к нижней части систем, вертикальных полостей (труб, гроздьевидных шахт), переходящих в верхней части в уплощенные горизонтальные полости или пластовые зоны кавернозности.

Однозначно описать морфологию тел флюидолитов пока затруднительно. Примеров хорошо морфологически выраженных и задокументированных крупных тел флюидолитов не так много. Большая часть полостей, описанных В. А. Смирновым [12], как флюидолитовые, в действительности определенно относится к карстовым. К сожалению, в качестве вероятных флюидолитовых образований в литературе часто указываются самые разнообразные структуры центрального типа. Это и гигантская Попигайская структура (видимо, астроблема), и Дудергофская «гора» в окрестностях Петербурга. Чаще это мелкие жилообразные «неправильной» формы тела, для которых характерны явления расщепления и ветвления, наблюдаемые в обнажениях и по керну скважин (рис. 6). При выходе флюидолитов на поверхность могут образоваться специфические покровы — достаточно крупные стратиформные, пластообразные, линзовидные тела. В этом случае судить об их природе очень трудно. Это могут быть своеобразные крупные покровы, аналогичные эффузивным образованиям, или силлообразные тела. В последнее время высказывается предположение о формировании пластовых флюидолитов без переноса вещества основной матрицы за счет их переработки флю-

идом на месте залегания в условиях деформации и сильного сжатия. Но это уже специфическая разновидность метаморфизма, и образовавшиеся породы вряд ли могут быть названы флюидолитами. Огромное число объектов, которые выделяются сейчас многими исследователями по петрографическим определениям, как раз имеют пластовую или линзовидную морфологию при значительных мощностях и размерах. С ними связываются различные полезные ископаемые, но генезис этих образований остается неясным. Если они образуются *in situ* при химической проработке пластовых тел активными «флюидами» без нарушения сплошности подстилающих толщ, часто под экранами, без морфологически оформленного подводящего канала, то они коренным образом отличаются от «классических» флюидолитов, представляющих собой «грязевой» поток из перемещенного брекчированного материала разной крупности, взвешенного в газово-жидком потоке (суспензии). Если принять факт существования таких пластовых «флюидолитов», им необходимо присвоить другое название, например «гидротермалит». Близка к этому гипотеза образования «пластовых флюидолитов» в связи с воздействием глубинных горячих «флюидов» или даже магм на водонасыщенный пласт (например, песчаник). Происходит процесс «вскипания» пластовых вод, близкий к известным гидротермокарстовым взрывам, идет интенсивное преобразование породы, брекчирование, химическое изменение исходных минералов, и возникают очень специфические породы. Это, видимо, вполне возможно, но это тоже не флюидолиты, образующиеся при образовании канала-полости и внедрении суспензии, поступающей снизу под давлением. Такой процесс ближе к специфическому метаморфизму.

При анализе этих трудноразличимых явлений, как правило, ставится вопрос об однозначном определении класса объекта. Например, карст или флюидолит. В природе как всегда все сложнее. Очень часты варианты, когда это карст и флюидолит или

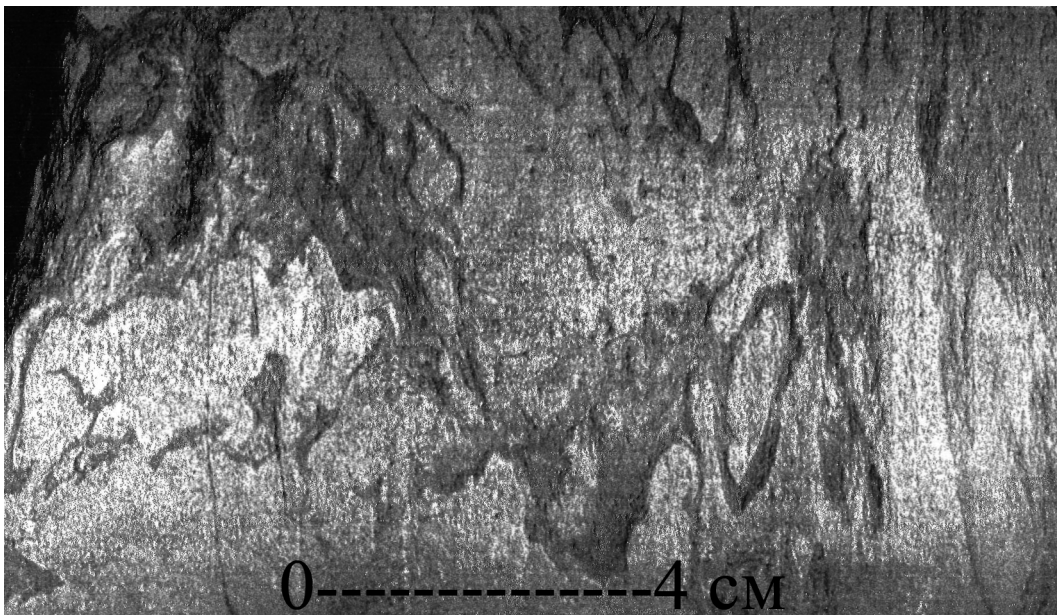


Рис. 6. Вихреподобные потоки туффзитов в песчанике. Темный цвет слоев обусловлен присутствием пылевидного графита. Яблоновский участок, пришлифовка образца из скв. 7, глубина 165 м (по К. Э. Якобсону и др. [19])



**Рис. 7.** Грязевые вулканы в районе Анапы и пластообразные тела «грязевых» туффзитовых осадков (фото К. Э. Якобсона)

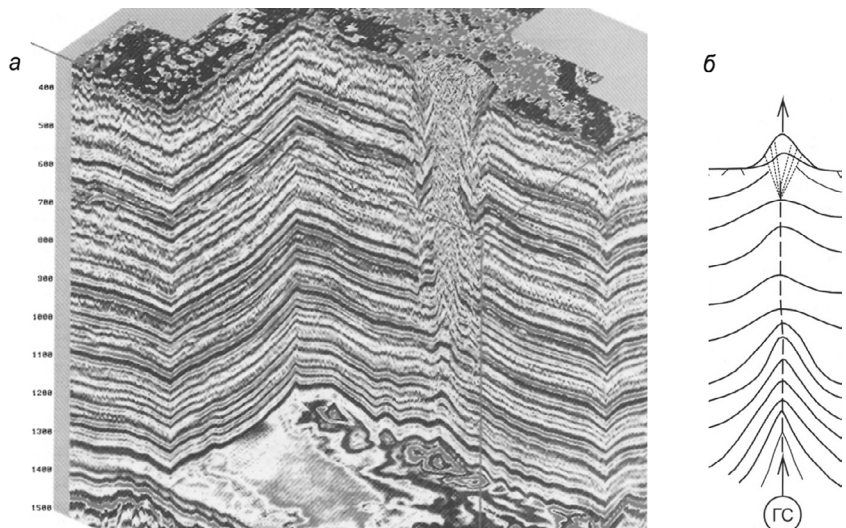
кора выветривания и флюидолит. Нельзя забывать, что на одном и том же объекте процессы могут многократно проявляться в длительном геологическом времени по одним контролирующим структурам. Хорошо известны случаи наложения позднего карста на древние гидротермокарстовые образования. В результате удается наблюдать только реликты первичных явлений. Возможно многократное телескопирование, наложение процессов. Морфология тела, в котором при осадочном процессе сконцентрированы алмазы, будет, например, карстовая, а флюидолитовый заполнитель внедрился позднее. Весьма вероятно, что на Урале древние коры выветривания превращены местами во флюидитоподобные породы. Таких вариантов может быть очень много. Чтобы использовать критерии локализации полезных ископаемых, необходимо детально разбираться в каждом отдельном случае. Одно петрографическое исследование породы совершенно недостаточно для определения природы объекта.

Что касается полезных ископаемых, связанных с флюидолитами, то чаще всего называют алмазы [4], золото, полиметаллы. Необходимы масштабные целенаправленные исследования петрографов,

карстовиков, рудников. Среди флюидолитов намечается выделение двух близких классов пород. Это флюизиты и туффзиты.

Флюизиты, видимо, вообще могут быть амагматичны по составу и генезису, не содержат вулканогенного материала и образовываться при сравнительно низких температурах. Наиболее убедительным примером флюизитового процесса являются грязевые вулканы. Это одна из разновидностей немагматогенных флюидолитов, очень наглядная и всем хорошо известная. При исследовании современных грязевых вулканов становится ясно, как могут образовываться пластовые тела флюидолитов. Выливаясь на поверхность, эксплозивный материал образует грязевые озера и потоки, которые при высыхании формируют пласты или линзы специфического глинистого осадка (рис. 7) По поводу глубинности корней грязевых вулканов ведутся дискуссии. Ясно, что они достаточно глубоки, но гипотезы об их мантийном происхождении недостаточно убедительны.

Туффзит (туффобрекчия), согласно Петрографическому словарю (1981), это сцементированная и уплотненная порода, состоящая из несортиро-



**Рис. 8.** Композиция горизонтального и вертикального сечения волнового поля по материалам 3D сейсморазведки, проходящего через геосолитонную трубку. Пульгынская площадь – *a*, теоретическая модель салитона – *б* (по В. М. Мерера [9])

**Признаки, особенности и факторы карста, гидротермокарста, флюидолитов, флюизитов, туффизитов и структур**

Признаки, особенности	Карст в широком понимании		Флюидолиты
	Карст (гипергенный), палеокарст	Гидротермокарст, гипокарст	Флюизиты (?)
Морфологические	L-образные системы, вертикальные полости вверх, горизонтальные в середине системы, полости овального сечения в нижней фреатической зоне (рис. 1)	T и Г-образные системы, горизонтальные полости вверх, вертикальные вниз системы, сферические полости, объемные лабиринты (рис. 2)	Неправильные мелкие жилообразные, ветвящиеся, разветвляющиеся тела, гипотетические вертикальные (?) (рис. 6, 7)
Петрографические структуры, минералогические характеристики заполнителя	Карстовые, преимущественно карбонатные брекчии вадозной зоны	Гидротермокарстовые брекчии, преобладают карбонатные, с термальными натечками, отложения преимущественно фреатической зоны	Расщепленные зерна псефитового и псаммитового размера, кластические, микроскопические шарики, «взорванные» зерна, растрескавшиеся ксенолиты
Текстуры	Брекчиевые, брекчиевидные, натечные, слоистые, косослоистые осадки, несортированные, иногда с отстойниками	Брекчиевые, брекчиевидные, натечные, крустификационные, зональные, секреторные, крупные кристаллы, кристаллиты, эскудаты, бурдучные (рис. 4)	Флюидалные, брекчиевая, микробрекчиевая брекчиевидная, наличие круглых «галек» различных терригенных пород
Температурные	Холодные до 50 °С	Теплые, горячие (50–300°, реже выше)	Разнообразные: от «холодных» до «теплых» (?)
Состав потоков	Воды слабоминерализованные гидрокарбонат-кальциевые	Горячие воды, сильно минерализованные, рассолы, нефтяные воды, ювенильные	Флюид – низкотемпературный гидротермально-пневматолитовый поток с мелкими и тонкими обломками, суспензия
Агрегатное состояние флюидов	Жидкость – вода	Жидкость – горячая вода, редко пар	Газ, жидкость, обломки породы
Глубинность	От поверхности, видимо, не более 3 км	От поверхности более 3–4 км, гипобиссальные	Коровое явление, гипотетически корни глубинные (?)
Механизмы движения флюидов	Инфлюационный, инфильтрационный	Эксфильтрационный, напорный	Компрессионный, напорный
Масштаб	Карстовые массивы	Крупные блоки, рудные поля, коровый	Блоки мелкие и средние, участки коры. Гипотезы о связи с мантией (?)
Критерии локализации	Структурные, литологические мелкомасштабные, гидродинамический, ландшафтный факторы	Структурные, литологические мелко-среднемасштабные, гидродинамический факторы	Структурные, от мелкомасштабных до среднемасштабных, геофизические.
Примеры явлений	Карстовые пещеры, зоны кавернозности	Полости с термальными водами (найка), гейзеры, рудоносные палеополости	Грязевые вулканы, Патомский кратер, мелкие жилородные тела, фиксируемые в керне и обнажениях
Рудное вещество, полезные ископаемые, типичные примеры	Осадочные, инфильтрационные руды: россыпное золото, алмазонасные полости Трансвааля, Урал (Fe-Ni), Красная Шапочка (Al)	Гидротермальные руды (Pb, Zn, U, флюорит, барит, целестин и т. д.) Тую-Муюн (уран) Забайкалье (Pb-Zn), Тетюха (Pb-Zn), Долина Миссисипи (Pb-Zn)	Достоверно неизвестны

**глубинной газовой проницаемости (СГГП)**

	Туффизиты	Структуры глубинной газовой проницаемости (СГГП) ?
	Неккообразные, трубообразные, силлообразные тела, линзы, неправильные жиллообразные тела, ветвящиеся (?)	Вертикальные трубообразные структуры снизу до поверхности, иногда без изменения литологии (?) (рис. 8)
	Расщепленные зерна псефитового и псаммитового размера, кластические, микроскопические шарики, «взорванные» зерна, растрескавшиеся ксенолиты, несущие следы высоких температур и гидротермального изменения	Вмещающие породы, возможно, измененные, преобразованные
	Флюидалные, брекчиевая, микробрекчиевая, брекчиевидная, наличие круглых «галек» различных терригенных и вулканогенных пород	В верхней части повышенная трещиноватость, пористость
	Горячие, температура значительно выше, чем во флюизитах	Видимо, высокотемпературные в недрах, вверху теплые или холодные (?)
	Флюид — гидротермально-пневматолитовый поток с мелкими и тонкими обломками, суспензия	Газово-протонный поток?
	Газ, жидкость, обломки породы	Газ, сверхкритический флюид (?)
	Коровое и астеносферное (?) явление. Корни, видимо, в верхней мантии	Коровое явление, гипотезы о мантийно-ядерном происхождении пока слабо аргументированы (?)
	Компрессионный, интенсивно напорный	Компрессионный (?)
	Крупные блоки, участки, коры. Корни корово-астеносферные	Вертикальные сегменты большой глубины, гипотезы о масштабности слоевого строения, до ядра (?)
	Структурные, от мелкомасштабных до среднемасштабных, геофизические — особенность строения верхней мантии	Структурные, от среднемасштабного до регионального с опорой на геофизические методы (?)
	Неккообразные, силлообразные тела, алмазоносные диатремы	Вертикальные структуры с выделением газов, выявляемые геофизическими методами (?)
	Алмазы	Углеводороды, разнообразные газы

ванного грубообломочного вулканокластического материала — угловатых глыб лавы, шлака, вулканических бомб в более мелкозернистом туфовом и пепловом материале, слагающая жерловины, дайки и жилы. Туффизиты впервые, видимо, были выделены немецким геологом Г. Клоосом в юрских отложениях Швабии. Они образуются при воздействии на вмещающие породы «активного газа», благодаря чему при механическом разрушении формируются полости, заполненные брекчиями, состоящими из обломков вулканогенных и различных вмещающих пород. Брекчии перемещаются под действием газовой-жидкой флюида, внедряются по ослабленным зонам в межслоевое пространство, образуя подобие силлов, и даже выбрасываются на поверхность, формируя пластовые тела. Таким образом, морфология туффизитовых тел разнообразна. Наиболее наглядны трубообразные структуры, описанные в статье О. В. Петрова, Л. И. Лукьяновой и В. Ф. Проскурнина с соавторами по алмазоносным туффизитам Урала [8]. На фотографиях отлично видны столбообразные вертикальные полости, ограниченные сверху и имеющие сравнительно маломощные жиллообразные ответвления, направленные веерообразно вверх и затухающие при отделении от материнского тела. Кимберлитовые диатремы, по-видимому, являются специфической разновидностью туффизитов, но их формирование, видимо, более быстрое, взрывное.

Трубки взрыва (диатремы) многочисленны, хорошо изучены в связи с добычей алмазов. Несколькими особенностями их образования. Строго говоря, отнесение их к магматическим образованиям не совсем справедливо, скорее это своеобразные туффизиты. Сами трубки выполнены не магматическим расплавом, а взрывной брекчией, следовательно, этот процесс имеет свою специфику. Корневые части диатрем находятся на глубине нескольких километров, а глубже расположены дайковые и другие интрузивные «материнские» тела, уходящие на еще большие глубины. Процесс идет не длительно и постепенно, как в случае с типичным туффизитом, а практически мгновенно, в результате взрыва, но они могут повторяться. Это типичные секущие трансслоевые структуры глубинного заложения с восходящей эксплозивной направленностью, связанные с магматизмом.

Зоны газовой проницаемости, которые почему-то часто стали называть «геосолитонами», стоят несколько в стороне от объектов, рассмотренных выше. Солитон — структурно устойчивая одиночная волна, распространяющаяся в нелинейной среде. Открыл это явление Джон Скотт Рассел в 1834 г. Он обратил внимание на одиночную волну, бегущую по поверхности канала от остановившейся баржи. Значительно позднее это явление получило математическое объяснение. Далеко не все признают возможность применения этой волновой модели в геологии. Естественно считать, что трансслоевые процессы идут длительное время, их результаты накапливаются сотни, тысячи и миллионы лет. А здесь мы имеем дело с одиночной волной, одноразовым импульсом. Естественно, четкое понимание явления (и термина) отсутствует. Правильнее было бы говорить о локальных трубообразных, остроконических зонах проницаемости, по которым осуществляется дегазация глубинных очагов. Это очень важный и еще недостаточно изученный процесс. Поток газового вещества по составу не

ограничивается углеводородами. Глубинность его признана в коровом диапазоне, но гипотетически допускается даже до ядра.

Существуют различные варианты понимания этих явлений. По одной «широкой» концептуальной трактовке, это разнообразные глубинные транс-слоевые структуры, пронизывающие отложения с различной литологией, возникшие при волновом импульсе (скорее стоячая, чем одиночная волна), направленном из глубин к поверхности. Это «теоретическая модель» создания зон проницаемости в широком понимании. В ее категорию попадают практически все секущие структуры, в том числе, видимо, и магматические. На разных глубинах этих зон проницаемости возникает «этажерка», на полках которой формируются концентрации алмазов, рудного вещества, нефти и т. д. По другой концепции [8], это конкретные трубообразные геологические тела глубинного заложения, несущие следы энергетического воздействия, зоны проницаемости, по которым происходили поступление из глубин углеводородного вещества и разнообразные по интенсивности изменения вмещающих пород, чаще без нарушения их сплошности. За эти образования, возможно, иногда принимают флюидолиты. Обычно они устанавливаются по геофизическим данным и не всегда достоверно (рис. 8).

Гипотеза зон газовой проницаемости связана с концепцией дегазации и расширения Земли. Одна из трактовок связывает их с гипотезой дегазации ядра и потока газа к поверхности планеты. Не вдаваясь в эти фундаментальные гипотезы, мы можем обсуждать структуры, которые устанавливаются по геофизическим данным и представляют собой структуры центрального (вернее осесимметричного) типа глубокого заложения, часто связанные с месторождениями углеводородов. Высказываются предположения, что они имеют корни в ядре, создают трубообразные зоны проницаемости, по которым осуществляется энергомассоперенос с глубины к поверхности и поступает углеводородное вещество, формируются структурные купола и в них скапливается нефть. Можно утверждать только, что геофизика действительно выявляет трубообразные структуры глубинного заложения, анизотропные по отношению к окружающей среде, и поток газов из глубин существует. Но их волновая природа и мантийно-ядерное происхождение не доказаны. Глубинность их проявления, строго говоря, неизвестна, видимо, она существенно больше, чем карста и флюидолитов, гипотетически это уровень слоевого строения планеты. Представляется, что термин «геосолитон» для обозначения этих явлений неудачен и компрометирует само явление, которое, без сомнения, существует и имеет большое значение для геологии. Правильнее было бы называть эти объекты структурами глубинной газовой (плазмодной) проницаемости (СГГП). Ситуация еще более осложняется тем, что геосолитонами часто называют структуры центрального типа совершенно разного масштаба и генезиса. Они могут быть не столь велики и сравнимы с флюидолитами, карстовыми полостями или локальными проявлениями кор выветривания. Это специфические структуры, выявляемые геофизическими методами, по которым происходит выделение углеводородов и других газов. На практике чаще наблюдаются линейные структуры активной газовой дегазации, но не исключено, что существуют и осесимметричные.

Описанная выше картина наводит на мысль о существовании непрерывного спектра векторных осесимметричных немагматических явлений, имеющих восходящее и нисходящее направления, которым свойственны разные масштабы и глубинности (таблица). Видимо, все эти явления входят в понятие «фидерные» структуры, выделенные Л. И. Красным. По ним осуществляется энергомассоперенос через слоевые оболочки планеты. Но в этом абстрактном глобальном явлении должны быть конкретные составляющие, имеющие свои свойства, параметры и масштабы. В приповерхностной зоне (первые 2–3 км) развивается карст (экзогенный, нисходящий), в более глубокой (5–7 км) гидротермокарст (восходящий, использующий глубинную компрессионную энергию гидротерм), глубже флюидолиты (флюизиты – объекты типа грязевого вулканизма и горячие туффзиты, связанные с магматогенными процессами). Наблюдается при этом и вещественно-энергетическая закономерность. Для карста характерны холодные воды, для гидротермокарста горячие растворы, восходящие гидротермы, для флюизитов флюидные потоки (пневматолитово-гидротермальные напорные, восходящие), для туффзитов, трубок взрыва (диатрем) энергия магматических очагов, вызывающая взрывное дробление и перенос материала, для структур глубинной газовой проницаемости преобладание энергетического процесса с потоком углеводородов и других газов, преимущественно без дробления вмещающих пород.

Поднятый вопрос не является чисто теоретическим, напротив, он направлен на решение практических задач металлогении и рудничной геологии. Приведенные выше описания явлений и их признаки, на наш взгляд, позволяют диагностировать карстовые и гидротермокарстовые явления. Более или менее понятно, что такое туффзиты. Перед нами лежит область пока неоднозначно понимаемых явлений флюидолитов и флюизитов, хотя они и определены в геологических словарях и Петрографическом кодексе. Существование флюизитов как особого типа пород все еще является дискуссионным главным образом в связи с отсутствием их убедительных морфологических описаний. Наличие специфических структур глубинной газовой проницаемости, дегазации (СГГП), иногда неудачно называемых «геосолитонами», весьма вероятно, но их мантийная глубинность не доказана.

Необходима постановка целенаправленных исследований, уточнение параметров, выявление разновидностей, критериев различия этих транс-слоевых векторных процессов (явлений), фидерных структур. Определение их на практике насущно, необходимо, так как связанные с ними полезные ископаемые локализируются различными факторами, критерии их контроля специфичны, морфологически эти тела имеют свои особенности, что надо учитывать на всех стадиях геологического исследования, поиска и разведки.

1. *Беленицкая Г.А.* «Флюидное» направление литологии: состояние, объекты, задачи // Уч. записки Казанского университета. Т. 153. Кн. 4. 2011. – С. 97–113.

2. *Дублянский Ю.В.* Гидротермокарст как рудоподготовительный процесс. – Новосибирск (СО АН СССР), 1985. – 18 с.

3. *Кисин А.Ю., Коротеев В.А., Сазонов В.Н.* Глубинная складчатость и дегазация земной коры // Материалы

Междунар. конф. «Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ» памяти акад. П.Н. Кропоткина. – М.: ГЕОС, 2002. – С. 143–145.

4. Кузьмин И.А. Перспективы коренной алмазности Нижнего Приангарья (на основе газово-флюидной модели формирования месторождений алмазов). – Красноярск, 2009. – 88 с.

5. Кутырев Э.И., Ляхницкий Ю.С., Михайлов Б.М. Карстовые месторождения. – Л.: Недра, 1989. – 310 с.

6. Кутырев Э.И., Ляхницкий Ю.С. Роль карста в формировании месторождений свинца, цинка, сурьмы, ртути и флюорита // Литология и полезные ископаемые. 1982. № 2. – С. 54–69.

7. Ляхницкий Ю.С. К вопросу рудоносности палеокарста. Материалы 4-й молодежной геол. конф. ВСЕГЕИ, 1977. – Л., 1977. – С. 150–156.

8. Петров О.В., Лукьянова Л.И., Проскурнин В.Ф. Проблема поисков коренных источников алмазов в зонах сочленения платформ и складчатых областей // Регион. геология и металлогения. 2012. № 50. – С. 64–72.

9. Мегеря В.М. Поиск и разведка залежей углеводородов, контролируемых геосолитонной дегазацией Земли. – М.: Локус Станди, 2009. – 256 с.

10. Маракушев А.А. Физико-химические условия генерации рудоносных флюидов и проблема источников рудного вещества // Источники рудного вещества эндогенных месторождений. – М.: Наука, 1976. – С. 145–164.

11. Смирнов С.С. Полиметаллические месторождения и металлогения Восточного Забайкалья. – М.: АН СССР, 1961. – 507 с.

12. Смирнов В.А. Горячий карст / Пермский ГУ. – Пермь: ООО «Типограф», 2013. – 357 с.

13. Ферсман А.Е. Тюя-Муюнский радиевый рудник // Природа. 1924. № 1–6. – С. 58–57.

14. Фогельман Н.А. Рудоносные взрывные брекчии криптовулканических аппаратов // ДАН СССР. 1969. Т. 188. № 6. – С. 1357–1359.

15. Халмухамедов Т.Р., Завьялов Г.Е. Типы флюоритонных полостей Бадашского месторождения (Южный Казахстан) // Геология и закономерности размещения нерудных полезных ископаемых Средней Азии / САИ-ГИМС. Вып. 3. 1981. – С. 29–34.

16. Цыкин Р.А. Отложения и полезные ископаемые карста. – Новосибирск: Наука, 1985. – 166 с.

17. Шарпёнок Л.Н., Голубева И.И., Лукьянова Л.Н., Махлаев Л.В. Флюидолиты как новый тип эндогенных горных пород // Происхождение магматических пород: Материалы Междунар. петрограф. совещ. Т. 2. – Апатиты, 2005. – С. 281–282.

18. Щеглов А.Д., Говоров И.Н. Нелинейная металлогения и глубины Земли – М.: Наука, 1985.

19. Якобсон К.Э., Казак А.П., Копылова Н.Н. и др. Атлас структур и текстур флюидно-взрывных пород / ред. К.Э. Якобсон. – СПб.: ГГУП СФ «Минерал», 2011.

20. Sass-Gustkiewicz M. Zinc and lead mineralization in collapse breccias the Olkusz mine (Cracow Silesian Region, Poland) // Rocznik Polskiego towarzystwa geologicznego annales de la Societe Geologique de Polone Krakow. 1975. – P. 303–326.

Ляхницкий Юрий Сергеевич – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <Yuri\_Lyahnitsky@vsegei.ru>.