

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ ИНЖЕНЕР-ГЕОЛОГОВ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ ГЕОЛОГОВ РОССИИ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
АДМИНИСТРАЦИЯ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGISTS
NATIONAL COMMITTEE OF GEOLOGISTS OF RUSSIA
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCES OF RUSSIAN FEDERATION
MANAGEMENT OF PERM AREA

**КАРСТОВЕДЕНИЕ – XXI ВЕК:
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА
25 – 30 мая 2004, Пермь (Россия)

**KARSTOLOGY – XXI CENTURY:
THEORETICAL AND PRACTICAL SIGNIFICANCE**

PROCEEDINGS OF THE
INTERNATIONAL SYMPOSIUM
25 – 30 May, 2004 Perm (Russia)

РОССИЯ, ПЕРМЬ 2004
RUSSIA, PERM 2004

ей процессов инфильтрации и суффозионно-карстовых процессов в переходной гидродинамической зоне.

3. На участке развития крупных подземных карстовых форм, в частности, зафиксирован поступательный прирост напряжений на трубе на 2-4 кгс/мм² в год. Изложенное, свидетельствует о колебательном (волновом), но поступательном характере геологических (прежде всего, карстовых и неотектонических) процессов. При этом напряжения на трубах проявляются в разных плоскостях, отражая характер напряжений во вмещающем массиве горных пород.

Растягивающие напряжения фиксируются преимущественно на участках трубопроводов в суходолах, где развиваются мульды оседания и оседания-обрушения. Напряжения растяжения проявляются по верху трубы. Значения напряжений растяжения составляют в среднем 14 кгс/мм², варьируя от 1 до 45 кгс/мм².

Сжимающее напряжение проявляется в нижней части трубы. В среднем оно составляет 11 кгс/мм², изменяясь от 1 до 32 кгс/мм².

Литература

1. Москва. Геология и город. /Гл. ред. В.И.Осипов, О.П.Медведев. – М.: Московские учебники и Картолитография, 1997. – 400 с.
2. Кожеевникова В.Н. О роли динамики и режима подземных вод в формировании карстово-суффозионных процессов (на примере некоторых районов г. Москвы) //Реф. Сб. 5(33) ПНИИИС, 1974.
3. Кутепов В.М., Кожеевникова В.Н. Устойчивость закарстованных территорий. М. Наука, 1989, 151 с.
4. Лыкошин А.Г. Карст и гидротехническое строительство. М., Стройиздат, 1968, 180 с.
5. Лыкошин А.Г., Молоков Л.А., Парабучев И.А. Карст и строительство гидротехнических сооружений. М., «Гидропроект», 1992, 321 с.
6. Геология оснований высоких плотин. Сб. под редакцией М.П.Семенова, М., Госстройиздат, 1962, 350 с.
7. Маменко Г.К. Камская плотина на р. Каме. В сб. «Геология и плотины», М., «Энергия», 1969, т. V, стр.9-38.
8. Скришко Е.С., Туткевич В.А., Молоков Л.А. Нурекская плотина на р. Вахи. В сб. «Геология и плотины», М., Энергоатомиздат, 1984, т. IX, стр.4-25.

О.Б. Нещеткин

ЗАО НПЦ «КАРСТ», Дзержинск, Россия

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО КАРСТОВЕДЕНИЯ

Рассмотрены терминологические проблемы инженерного карстологии. Обсуждена сущность таких понятий как «карстово-суффозионный процесс» и «суффозия». Показано, что подземная эрозия является механизмом разрушения покровных отложений и заполнителя карстовых полостей и трещин. Предложено отказаться от термина «суффозия» при характеристике карстового процесса.

TERMINOLOGICAL PROBLEM OF ENGINEERING KARSTOLOGY

The terminological problems of engineering karstology are considered and terms “karst-suffosion process” and “suffosion” are discussed. It is shown, that the destruction of covered ground, filling of karst cavities and cracks occurs at the result of underground erosion, instead of suffosion. It is offered to refuse the term “suffosion” as the characteristic of karst process.

Развитие инженерного карстологии как науки невозможно без постоянного совершенствования системы базовых терминов, определяющих сущность процессов и явлений. Карст не является элементарным процессом, а представляет собой совокупность физических и химических процессов, главными из которых являются растворение карстующихся пород и деформации этих пород и покровных отложений.

Растворение определяет особый характер поверхности карстующихся пород, формирует специфическую систему пустотности и особый гидродинамический режим. Деформации карстующихся пород и покровных отложений обуславливают появление на земной поверхности специфических локальных отрицательных форм и формирование своеобразного карстового рельефа.

Карст развивается в масштабах геологического времени, и помимо растворения значительную роль в разрушении карстующихся пород играет выветривание и эрозия. Поэтому, **карст следует рассматривать как геологический процесс разрушения растворимых пород, сочетающий в себе растворение, выветривание и эрозию этих пород, и сопровождающийся формированием особого режима подземных вод, деформациями земной поверхности и образованием особого карстового рельефа.**

Таким, на наш взгляд, является базовое понятие карста, и оно достаточно полно повторяет формулировки, данные ведущими отечественными и зарубежными учеными. Нецелесообразно расширять базовое понятие карста в зависимости от направления исследований (географическое, геологическое, гидрогеологическое, инженерно-геологическое, спелеологическое и т.д.).



В последнее время термин «карст» в научной литературе и в практике инженерных изысканий практически подменился термином «карстово-суффозионный процесс». Однако, не удастся найти строгого толкования этого термина, и на это есть несколько причин.

Во-первых, с позиций правил русского языка в термине «карстово-суффозионный процесс» «суффозия» в таком понимании является однопорядковым с карстом и к тому же независимым ведущим (основным) процессом, а карст – процессом подчиненным. Это противоречит базовому понятию карста и сужает его до процесса растворения пород, который, если следовать структуре обсуждаемого термина, является вторичным.

Во-вторых, «суффозия» в таком понимании объединяет в себе разрушение и вынос заполнителя карстовых полостей и трещин, разрушение и деформации обводненных рыхлых покровных отложений.

Здесь сразу же возникает сомнение - одинакова ли физическая сущность процессов разрушения покровных отложений и заполнителя карстовых полостей, столь разнообразных по своему составу и состоянию, объединенных термином «суффозия».

В третьих, логично допустить, что помимо «суффозии» в таком понимании существуют и другие процессы разрушения заполнителя карстовых полостей и рыхлых покровных отложений, что требует введения аналогичных терминов, таких как карстово-обвальный процесс, карстово-эрозионный и т.п.

Очевидно, что уже первые попытки анализа термина «карстово-суффозионный процесс» приводят к выводу, что этот термин не имеет строгого определения.

Кроме того, в термине «карстово-суффозионный процесс» безосновательно, на наш взгляд, однозначно принимается модель «суффозионного» разрушения заполнителя карстовых полостей и трещин и разрушения рыхлых обводненных покровных отложений.

Главной проблемой является то, что понятие «суффозия» (Павлов А.П., 1898) с момента своего появления обрело как однозначный (у Павлова – подкапывание), так и неопределенный смысл, что привело к неоднозначному толкованию суффозии.

Нередко выделяется химическая и механическая суффозия. И если в отношении химической суффозии большинство исследователей считают целесообразным растворение минерального вещества в грунтах называть более строгим термином – выщелачивание, а растворение стенок трещин и полостей в карстующихся породах – растворением, то механическая суффозия имеет несколько определений.

Первый, наиболее однозначный (классический) вариант определяет **механическую суффозию как процесс переноса мелких частиц фильтрующимся потоком в несвязных грунтах с последующим разрушением структуры грунта и образованием деформаций земной поверхности** (Попов И.В. [12]; Гвоздецкий Н.А. [2]; Коломенский Н.В. [7]; Печеркин И.А., Печеркин А.И. [11]; Геологический словарь, 1960 [3]; Горная энциклопедия, 1991 [5]). Определены соотношения размеров зерен и величины градиентов, с которых начинается суффозия. Часто к суффозии относят процессы разрушения лессов и лессовидных пород.

Широко используется второй вариант определения суффозии, когда к первому варианту **добавляют процессы разрушения (размыва) заполнителя карстовых полостей и трещин** (Геологический словарь, 1978 [4]; Золотарев Г.С. [6]; Ломтадзе В.Д. [8]; Словарь по гидрогеологии, 2002 [14]) **в сочетании с химической суффозией, включающей растворение стенок трещин и полостей** (Максимович Г.А. [9]; Сергеев Е.М. [13]; Печеркин А.И., Закоптелов В.Е. [10]).

Не менее широко суффозия (третий вариант) рассматривается как **внутренний процесс разрушения песчано-глинистых и других рыхлых и малосвязанных отложений фильтрующимся потоком**.

В последнем случае понятие «суффозия» теряет свою терминологическую сущность, а является лишь литературно удобным словом, которым обозначают практически все известные процессы разрушения пород в обводненных условиях.

Если мы попытаемся исключить карстующиеся породы из рассмотрения, сразу же суффозия приобретает свои классические черты. Следовательно, в термине «карстово-суффозионный процесс» суффозии придается особый смысл.

Очевидно, что многие исследователи используют термин «карстово-суффозионный процесс» (реже – «суффозионно-карстовый») для обозначения процессов размыва заполнителя карстовых полостей и трещин и для обозначения процессов деформации покровных толщ над карстовыми полостями, когда не происходит обрушения кровли карстовой полости, т.е. для обозначения **особого механизма современного карстового процесса и механизма деформаций покровной толщи**.

Отсюда возникает необходимость обсуждения основных элементов развития карстовых полостей и деформаций земной поверхности, которые мы рассмотрим на примере двух моделей.

Первая типичная модель – карстующиеся породы залегают неглубоко, перекрыты рыхлыми отложениями, уровень подземных вод находится ниже кровли карстующихся пород. В этом случае инфильтрующиеся атмосферные осадки, достигая кровли карстующихся пород, стекают по ней до поглощающей трещины или понора. В зоне поглощения происходит фильтрационное разрушение грунтов с формированием промежуточной полости, которая растет как за счет продолжающейся подземной эрозии, так и в результате последовательного обрушения свода. Следует заметить, что фильтрационному разрушению и вмыванию подвергаются покровные отложения в целом, и этот процесс совсем не схож с классическим определением суффозии.

В результате этих деформаций промежуточная полость приближается к дневной поверхности до такого расстояния, когда обрушение ее свода вызывает образование провала. С этого момента начинается эрозия бортов провала и снос материала в донную часть.

Дальнейшее развитие подземной и поверхностной эрозии приводит формированию типичной воронки «просасывания» с понором на дне. Иногда, в особых условиях процесс вымывания рыхлых отложений может сопровождаться локальным оседанием всей покровной толщи, без образования первичного провала.

Этот механизм деформаций настолько отчетлив и понятен, что остается лишь процитировать Н.А. Гвоздецкого [2]: «*Воронки просасывания...* образуются за счет вымывания и проседания рыхлых покровных образований в колодцы и полости карстующегося цоколя. ... Думается, что и Ф. П. Саваренский (1935) не случайно, вместо того, чтобы воспользоваться термином «суффозия», предложил для обозначения процесса возникновения таких воронок новый термин - «просасывание» (очевидно, учитывая сложность процесса). ... Некоторые... называют эти воронки суффозионными, из-за чего может создаться представление о чисто суффозионных, а не карстовых формах рельефа. Неудачным мы считаем и... термин «карстово-суффозионные воронки...».

Вторая типичная модель – карстующиеся породы обводнены, покровные глинисто-песчаные отложения обводнены. Это обычный разрез речных долин. Для такого разреза многие исследователи полагают, что «суффозионный» процесс деформации покровных отложений является основным и выражен медленным вымыванием их в карстующиеся породы.

Во-первых, следует отметить, что практически все карстовые воронки в речных долинах являются провалами, образовавшимися в результате обрушения свода промежуточной полости, приблизившейся к дневной поверхности.

Во-вторых, время существования промежуточной полости в верхней необводненной части рыхлых отложений составляет часы – первые дни, следовательно, наиболее вероятным является быстрый перенос рыхлых обводненных отложений в карстовую полость.

В третьих, наиболее вероятно, что трещины и поноры, через которые осуществляется «вымывание» рыхлых отложений до какого-то момента заcolmатированы. Освобождение этих трещин и поноров от заполнителя вызывает потерю устойчивости рыхлых отложений, формирование в обводненной толще ослабленной зоны, в которой рыхлые отложения переходят в плавунное состояние и стремительно устремляются в карстовую полость. Столь же стремительно на уровне грунтовых вод формируется промежуточная полость [15].

Следует добавить, что такой механизм образования провалов наиболее характерен для карбонатных пород – известняков и доломитов.

Для сульфатных толщ в условиях речных долин большинство полостей развиваются в нишах, карманах эродированной кровли сульфатной толщи. Здесь, по мере развития карстовой полости за счет растворения или динамических воздействий, рыхлые обводненные отложения приходят в неустойчивое плавунное состояние и смещаются, заполняя карстовую полость [1].

Из вышесказанного следует, что длительное «вымывание» обводненных рыхлых отложений в условиях речных долин, не является ведущим процессом, что скорость переноса рыхлых отложений в карстовые полости значительна, а деформации земной поверхности являются провалами, образовавшимися в результате обрушения свода промежуточной полости.

С течением времени эти провалы приобретают вид конусообразных, чашеобразных воронок. Однако внешний вид воронок и песчаный состав рыхлых обводненных покровных отложений не являются доказательством наличия «суффозии» и ведущей ее роли в образовании этих форм.

Что же касается разрушения заполнителя трещин и карстовых полостей, то и здесь по большинству исследований и натурных наблюдений можно сделать вывод, что ведущим процессом является эрозия, особенности проявления и активность которой определяется составом заполнителя и скоростью подземного потока.

В природных условиях развитие вторичной пустотности за счет эрозии заполнителя карстовых полостей и трещин развивается крайне медленно.

При техногенном воздействии (длительные откачки трещинно-карстовых вод, устройство гидротехнических сооружений и т.п.) скорость разрушения и эрозии заполнителя может возрастать многократно, и в течение месяцев – нескольких лет привести к формированию вторичной пустотности и активному провалообразованию.

Завершая обсуждение понятия термина «суффозия» и применимости его для характеристики карстового процесса, хочется привести еще одну цитату [10]: «Не вдаваясь в многочисленные определения термина «суффозия», отметим, что это процесс вымывания мелких частиц из горных пород фильтрующейся водой. Обязательное условие – разнородность гранулометрического состава: чем больше разница в диаметрах частиц, тем лучше условия для суффозии... Классическое понятие этого термина очень часто не соответствует механизму процесса, наблюдаемому при выносе карстового заполнителя, представленного в большинстве случаев террасой или песчано-глинистыми отложениями. Другими словами, если испытать карстовый заполнитель на суффозионные свойства, то в большинстве случаев ответ будет отрицательный. Следовательно, заполнитель в основном разрушается процессами подземной эрозии при создании критических градиентов уклона подземных вод... В областях сульфатного и, особенно, соляного карста химическим воздействием воды нельзя пренебрегать при инженерно-геологическом прогнозе устойчивости сводов полостей. Однако во всех случаях процесс оценивается как карстово-суффозионный. В действительности же идет подземная эрозия (размыв отложений) и вынос их во взвешенном, а часто влекомом состоянии».

Из вышеизложенного можно сделать несколько выводов:

1. Термины «карстово-суффозионный» процесс, «карстово-суффозионная» воронка противоречат базовому



понятию карста, не отражают действительно протекающих физико-химических процессов, не соответствуют нормам русского языка.

2. Суффозию целесообразно рассматривать как процесс переноса и выноса мелкозема из разнородной рыхлой породы. Этот процесс существует вне связи с карстом, не обусловлен им, не требует наличия карстовых полостей и трещин.

3. Для обозначения процессов разрушения рыхлых покровных отложений, заполнителя карстовых полостей и трещин целесообразно использовать более строгие термины, отвечающие по своему смысловому значению и физике процессов (поверхностная и подземная эрозия, фильтрационное разрушение, размыв, выпор, пlyingун и т.п.).

4. Требуется унифицировать понятийную и терминологическую базу инженерного карстования, для чего необходимо создание рабочей комиссии по терминологии инженерного карстования.

Библиографический список

1. Вострикова Н.В., Сафронова А.А., Нецеткин О.Б. Особенности сульфатного карста речных долин. // Сергеевские чтения. Вып. 2/Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии, гидрогеологии (23-24 марта 2000). - М.: ГЕОС, 2000. - С.66-69
2. Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. - М.: Изд-во «Мысль», 1972. -392с.
3. Геологический словарь в двух томах. - М.: Госуд. Науч.-Технич.изд-во по геологии и охране недр, 1960. Т. II.-445с.
4. Геологический словарь в двух томах. - М.: Недра, 1978. Т. II.-456с.
5. Горная энциклопедия в пяти томах. - М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1991. Т. 5.- 541 с.
6. Золотарев Г.С. Инженерная геодинамика. -М.: Изд-во МГУ, 1983. -328с.
7. Коломенский Н.В. Специальная инженерная геология. Изд.2-е. - М.: Недра, 1969. -336с.
8. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. -Л.: Недра, 1977. -479с.
9. Максимович Г.А. Основы карстования. Т.1. - Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 1963. - 444с.
10. Печеркин А.И. Закоптелов В.Е. Карст и суффозия на берегах водохранилищ. Учебное пособие по спецкурсу. -Пермь: Пермский ун-т, 1982. -88с.
11. Печеркин И.А., Печеркин А.И. Вопросы теории и методики изучения техногенного карста. // Тез.докл.регион.совет., г.Кунгур, 6-8 дек.1988г. - Кунгур, 1988.-С.5-6.
12. Попов И.В. Инженерная геология. - М.: Госуд. Изд-во геологич. литературы, 1951.-443с.
13. Сергеев Е.М. Инженерная геология. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978.-384с.
14. Словарь по гидрогеологии: Учеб.-метод. пособие /Перм. Ун-т. - Пермь, 2002.-336с.
15. Nechtchetkine Oleg. Sinkhole development models for the covered sulphate karst conditions. //Proc. Eighth Int. Congr. IAEG, 21-25 sept. 1998, Vancouver, Canada. -Balkema, 1998. Pp.2185-

В.П. Костарев

ВерхнеКамТИСИЗ, Пермь, Россия

ИНЖЕНЕРНО-КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ: НОРМАТИВЫ, ИХ ИСПОЛНЕНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

В докладе рассмотрены как положительные, так и негативные стороны современных нормативных документов по инженерно-геологическим изысканиям для строительства на закарстованных территориях. Даны рекомендации по совершенствованию нормативов. Рассмотрены основные недостатки инженерно-карстологических изысканий. Предложены разработка территориальных строительных норм и внедрение элементов карстомониторинга на территории Пермской области.

ENGINEERING KARSTOLOGICAL RESEARCHES FOR CONSTRUCTION: THE NORMS, THEIR FULFILMENT AND IMPROVEMENT

In the report are considered both positive and negative sides of the new normative documents on the engineering geological researches for construction in the karst terrains. Recommendations on the improvement of the norms are given. The essential deficiencies of engineering karstological investigations are reviewed. Creation of the territorial constructional norms and organization of the elements of karst monitoring are proposed on the territory of Perm region.

В текущем году мы отмечаем не только 100-летие Георгия Алексеевича Максимовича, одного из основателей советской школы карстования, но и 110 лет со времени проведения первых профессиональных инженерно-карстологических исследований (изысканий), выполненных в полосе Самаро-Златоустовской ж.д. на Уфимском карстовом косогоре горным инженером Д.Л.Ивановым. Геологические исследования железных дорог Приуралья (Чернышев, 1897; Каракаш, 1906; Штукенберг, 1911; Чернов и Швецов, 1913, 1915) положили начало инженерному карстоведению. Результаты исследований Д.Л.Иванова [3] активно использовались акад. Ф.П.Саваренским при написании основополагающих учебников 30-40-х годов прошлого столетия по инженерной геологии (Саваренский, 1933, 1939). До сих пор актуальным остается предложение первого инженер-геолога о ведении