

## ПСЕВДОКАРСТ

Лавруевич А.А.

(НИУ МГСУ, Москва)

**Аннотация.** В статье приводятся данные о сложном геологическом процессе – псевдокарсте. Краткая история становления и утверждения термина в науке. Его активное развитие в связи с техногенезом в последние десятилетия ставят этот опасный геологический феномен в один ряд с такими грозными процессами как оползни, сели, обвалы, карст и др. Приведены примеры вновь выделенных видов псевдокарста. Показано, что недоучет механизма и скорости развития псевдокарстовых процессов, отсутствие понимания природы его развития, приводит к возникновению сложных, иногда многоступенчатых чрезвычайных ситуаций.

**Ключевые слова:** псевдокарст, виды, механизм, мониторинг, рекреационное освоение.

«Псевдокарст - западинно-впадинный рельеф, образованный понижениями, внешне напоминающими карст...» [1]. Более ста лет идет дискуссия о содержании понятия «псевдокарст». Изучению карстоподобных форм рельефа, образованных в результате иных процессов, посвящены многочисленные публикации отечественных и зарубежных авторов. Они отмечают, что основное отличие псевдокарста от карста – отсутствие карстующихся пород, хотя формы рельефа как подземные, так и поверхностные, одинаковы. Впервые термин «псевдокарст» появился в научной литературе в 1906 году, его ввел немецкий геолог Вальтер фон Кнебель. Известно, что Вальтер фон Кнебель, немецкий геолог, использовал это специальное обозначение еще в 1906г в его работе "Höhlenkunde mit Berücksichtigung der Karstphänomene" [2]. Очевидно, он впервые использовал этот термин в конкретном применении к псевдокарсту. Наблюдая, как в Исландии водные потоки исчезают в трещиноватых базальтах, он записал: «во многих областях распространения лавы, характерны потоки внутри лавового массива, что является особенностью его структурно-текстурного строения и это необходимо рассматривать как «псевдокарст» ("pseudovertkarstung") [2, с.171]. В Риме описываются псевдокарстовые пещеры в лавовых трубках на горе Этна [3]. Много работ, в которых косвенно описаны псевдокарстовые формы рельефа известны в большинстве стран Европы, по крайней мере, со времен средневековья. Наличие больших псевдокарстовых пещер, связанных с ледниками, также были известны с давних времен.

С 1927 года, советские ученые впервые изучают карстоподобные формы в районах вечной мерзлоты. В 1931 и 1935, Ф.П.Саваренский написал о карстовых явлениях в глинистых отложениях и лессах, называя их "глинистый карст" и "лессовым карстом"[4]. В 1939 г. опубликована работа Ф.П.Саваренского [4] в которой употребляются понятия «большой» и «малый» карст, различающиеся по литологическому составу карстующихся пород, где автор «большим карстом» называет явления в карстующихся породах: известняках, мелу, гипсах, а «малым карстом» – карстовые явления в глинистых и лессовых отложениях. В 1941 итальянский исследователь Г. Флорида опубликовал исследование: "Un particolare fenomeno pseudocarsico manifestato algune argile" [5]. В 1947 году Н. А. Гвоздецкий рассматривая подобные явления, рекомендовал использовать термин "псевдокарст", правильно указав, что это реальный процесс, а не "псевдо". Он, в то время, также указывал, что «не придает ему значения научного термина, а лишь подчеркивает, что данное явление коренным образом отличается по своей природе от типичного карста» [6, с.58].

После 1950-ых выражение псевдокарст, прежде всего распространенного в спелеологических исследованиях в Центральной Европе [7 и др.]. Авторы отмечают, что основное отличие псевдокарста от карста – отсутствие карстующихся пород, хотя формы рельефа как подземные, так и поверхностные одинаковы (исключение составляет полное отсутствие в псевдокарстовых полостях сталактитов, сталагмитов и сталагнатов характерных для рас-

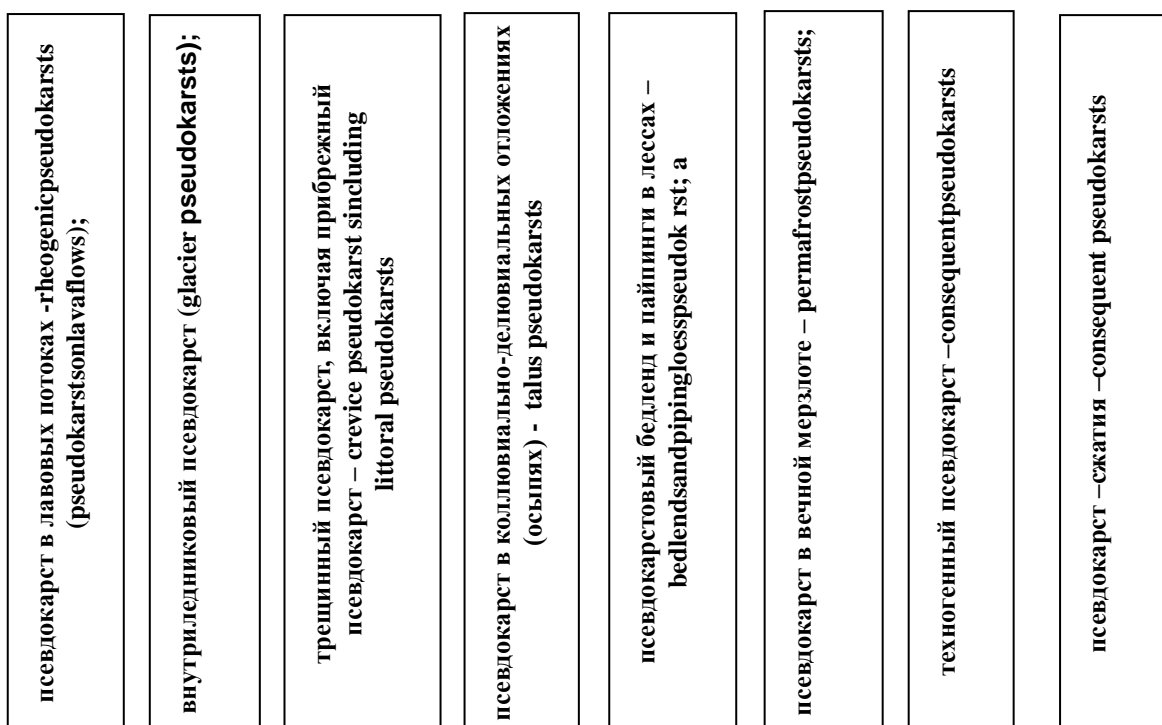
творимы пород). В 1950 г. Ч.Кукла [8] публикует на английском языке доклад о пещерах в песчаниках Чехии. Ч.Кунский обсуждает типы псевдокарстовых пещер в известных журналах на английском языке [9]. Сложность в обозначении этого явления определенным термином заключается в том, что комплекс форм, сходных с формами карста, но имеющих иной генезис, можно наблюдать в ледниках, в лессовых породах, глинистых и песчаных отложениях, в изверженных породах и др.

Е.Н.Иванова и др., [10] говорят о суффозионно-карстовых процесса в почвах Кара-Калпакской АССР в дельте Аму-Дарьи. Однако, П.М.Земский, описывая эти же процессы при исследованиях почв Кара-Калпакской АССР в дельте Аму-Дарьи уточняет, что карстующихся пород под вышележащими нет [11]. Этим он подтверждает в своей работе описанные И.П.Беловым аналогичные явления в том же районе [12]. П.М.Земский достаточно подробно описывает механизм проникновения воды по ходам корней растений и, главным образом, по ходам саксаула и землероев через верхнюю легкосуглинистую и супесчаную почвенную толщу до трещиноватых иловато-пылеватых плотных глинистых отложений, где растекается по трещинам. В результате вокруг корней растений и землероев происходит размыв, вынос частиц в нижние горизонты и образуются подземные ходы. П.М.Земский пишет в заключении, что образование внутри почвы подземных ходов происходит за счет размывания трещин в иловато-пылеватых отложениях [11].

Такая точка неопределенности была принята в отечественной литературе вплоть до начала 90-х годов. Начало нового этапа в изучении псевдокарста положило совещание по проблемам псевдокарста, прошедшее в 1992 году в Перми, на котором присутствовали и выступали В.Н. Андрейчук, Г.Н. Дублянская, В.Н. Дублянский и многие другие [13,14].

В 1997 году на 12-ом Международном Конгрессе по Спелеологии в Ла-Шо-де-Фоне (Швейцария) был организован комитет по изучению псевдокарста. Это явилось отправным моментом. Стали проходить регулярные международные псевдокарстовые конгрессы: Бразилия 2001, Греция 2005, Италия 2008, Италия 2012, и др. В 1997г на 12-ом Международном конгрессе ВМС (IUS) по итогам рабочей сессии, была принята следующая классификация псевдокарста [15], которую мы представим в виде диаграммы:

## Виды псевдокарста (types pseudokarst)



Автор, изучая псевдокарстовые процессы на протяжении последних лет, дополнил и расширил данную классификацию. Изучая территорию Крымского полуострова автор совместно с коллегами пришли к выводу о достаточно широком развитии как уже описанных в диаграмме форм псевдокарста (прибрежный, лессовый, техногенный и др.), так и вновь выделенных [16,17]. Однако, в литературе, псевдокарстовые процессы Крымского полуострова, до настоящего времени, освещены недостаточно, хотя существуют отдельные работы [13]. Отсутствие должного внимания и непонимание механизма, причин и скорости развития этого процесса может привести в ближайшем будущем к разрушению уже существующих сооружений и может вызвать формирование оползней-потоков в зонах активного рекреационного освоения. Исследователи приводят пример развития псевдокарста на трех участках юго-восточной части Крыма (район Судакской бухты и мыса Меганом). На первом участке псевдокарстовые явления развиты в коренных отложениях, представленных алевролитами и аргиллитами среднеюрского возраста (так называемый, флиш средней юры). Встречены как поверхностные, так и подземные формы псевдокарста. Авторами, на участке, описана пещера имеющая двухэтажное строение, протяженность которой более 12 м. И это в ритмично переслаивающихся аргиллитах и алевролитах! Что парадоксально! Встречены подземные полости объемом более 10 м<sup>3</sup> сформированные в сильно дробленных аргиллитах (размер обломков, как правило, изометричной формы от 1 до 20см<sup>3</sup>). На втором участке - в верхнечетвертичных делювиально-пролювиальных лессовидных суглинках мощностью до 20м, где протяженность пещер достигает 25м, а поражение массива псевдокарстовыми ходами и полостями приводит к формированию трещин-заколов в верхней части склонов, что может привести к смещению достаточно крупных блоков пород. На третьем – в аллювиально-пролювиальных отложениях верхнечетвертичного и голоценового возраста до глубины 8 м, уходящих тоннелями и расширенными ходами под основания уже построенных сооружений.

В начале статьи сказано, что отличие псевдокарста от карста в отсутствии карстующихся пород. Однако, автором с коллегами встречено и описано на юго-западе Крымского полуострова псевдокарстовое поле на котором развиты исключительно карстующиеся породы (органогенные неогеновые известняки). С поверхности создается иллюзия цепочки типичных карстовых провалов. Однако, при полевых исследованиях 2016-2018 гг. были обнаружены входы в многочисленные техногенные выработки достаточной протяженности и площади. Глубина прохода в выработки составляла многие десятки метров. Площади сформированных в результате экскавации плотных известняков тысячи м<sup>2</sup>. Высота техногенных пустот от 1,5 до 2,2м. Провалы диаметром до 15 м и глубиной до 3м. Иногда они сдвоены, нередко строены или представлены цепью провалов в количестве до 8. Нередко на исследуемой площади встречены одиночные провалы, практически идеальной круглой формы [17].

Отдельно остановимся на лессовом псевдокарсте, исследованием, которого автор занимался с 1981г. Лессовый псевдокарст - результат гидромеханического, гравитационного, биологического и физико-химического зонального разрушения недоуплотненных лессовых пород при их избыточном (как правило, техногенном) увлажнении, приводящий к образованию форм рельефа очень напоминающих типичные карстовые (пещеры, провалы, воронки, колодцы, овраги, цирки и др.) [18]. Подобный процесс характерен лишь для лессовых пород, т.е. для пород с особым составом и свойствами, распространенных в ландшафтах определенного типа.

Отдельные исследователи иногда рассматривают просадки, лессовый псевдокарст, образование степных блюдечек и западин как разновидности просадочного процесса [19,20 и др.]. Однако, блюдца и поды, как правило, являются унаследованными формами рельефа, в которых были условия увлажнения, которые способствовали более плотному сложению частиц лессовой породы [21]. Медленное, площадное повышение влажности лессовых пород при их высокой пористости, вызывает просадку и исключает развитие псевдокарста. Замачивание основания будущего сооружения до начала строительства продолжается десятки суток, с постоянным контролем качества замачивания и изменением плотности грунта. Если же замачиваемый котлован имеет трещи-

ны, ходы землероев и корней ксерофитной растительности или другие полости, в которые возможно проникновение воды, начинается мгновенное развитие лессового псевдокарста. Скорость развития лессового псевдокарста настолько велика, что известны случаи, когда за несколько суток псевдокарстом поражается огромные площади. В Западной ветви Надтеречного канала (Восточное Предкавказье) за несколько суток провальные формы в виде воронок и провалов диаметром до 1,5 метров ушли по нормали к оси канала на 900 метров от его бровки [22]. Автор наблюдал формирование псевдокарстового оврага длиной более 30 метров, шириной 8 метров и глубиной более 5 метров в результате утечек из водоводных бетонных лотков в Юго-Западном Таджикистане в течении 1,5 суток.

Непонимание этого процесса привело к ошибочным решениям при подготовке оснований для взрывоопасных объектов, очистных сооружений и жилья для крупнейшего в мире Прикумского завода пластмасс в г. Буденновске. Здесь, при предстроительном замачивании котлованов с дренажными скважинами, повсеместно образовались провалы и воронки в просадочных грунтах мощностью до 50 м. Это привело к большому (в 3-4 раза) перерасходу воды, дефицитной в степных районах, и задержке строительства государственных объектов.

Лессовый псевдокарст привел к аварийным ситуациям при эксплуатации объектов крупнейшего в России Большого Ставропольского канала (БСК), получил развитие на обрывистых берегах р. Терек на территории Чечено-Ингушетии. Этот скрытый процесс часто осложняет и особенно опасен при устранении просадочности мощных лессовых толщ предварительным замачиванием котлованов. Поэтому строители часто отказываются от «нормативных» методов устранения просадочности замачиванием лессовых грунтов.

Для развития лессового псевдокарста необходимо вертикальное турбулентное движение потока воды, которое способствует отрыву частиц лессовой породы и выносу их в нижние горизонты лессов, вызывая формирование подземных псевдокарстовых полостей, а на поверхности массива осадку и уплотнение. Вынос частиц лессовой породы происходит до тех участков, где преобладает слабонаклонное ламинарное движение воды, к месту разгрузки, которым, как правило, является тальвег более крупного водотока. При переходе движения потока воды в слабонаклонное, энергия резко уменьшается и в месте разгрузки частицы грунта укладываются с более высокой плотностью в виде небольшого конуса выноса. Как правило, объем вынесенного материала несравнимо меньше объема образующихся в результате псевдокарствования пустот. В отличие от просадки, первоначальная площадь развития лессового псевдокарста небольшая.

Лессы - являются на сегодняшний день единственными геологическими образованиями на Земле достаточной мощности способными к проявлению такого стремительного (быстротечного) процесса как лессовый псевдокарст. Физико-механические свойства лессовых пород являются функцией генезиса и современных условий существования породы. Свойствами породы определяется стоимость, сроки и целесообразность современного строительства. Так, при строительстве на просадочных грунтах, стоимость повышается до 10% в сравнении с непросадочными, а строительство на площадях, пораженных псевдокарстом, увеличит эту цифру в несколько раз. Более того, для надежного проектирования, строительства и эксплуатации сооружения помимо существующих свойств породы, необходимо предвидеть их изменения в процессе хозяйственной деятельности человека. Нецивилизованный сброс излишков воды приводит к развитию псевдокарста даже спустя десятилетия после ввода объекта в эксплуатацию. При рассмотрении инженерно-геологических свойств лессовых пород необходимо учитывать основные факторы, оказывающие влияние на свойства лессов [18].

В настоящее время в России и в мире отсутствуют специальные методические рекомендации о проектировании и строительстве зданий и сооружений на территориях, пораженных псевдокарстом, хотя основой для них могут служить отдельные норматив-

ные документы, разработанные для карстоопасных районов [23,24,25 и др.]. В тоже время существуют отдельные работы, посвященные этой проблеме [26,27 и др.].

В настоящее время человечество, вооруженное техникой, провоцирует деградацию естественных ландшафтов. Человек все сильнее преобразовывает верхние горизонты геологической среды, создавая для себя наиболее комфортные условия. Это способствует активизации такого грозного феномена как псевдокарст. При существующей техногенной нагрузке на лессовые породы, где активно развивается псевдокарст, вполне вероятно, что через несколько поколений человечество уже не увидит типичных лессовых массивов с характерными для этой породы свойствами!

### Литература

1. Геологический словарь, т.2, 2011г.
2. Knebel W. von. Höhlenkunde mit Berücksichtigung der Karstphänomene/Die Wissenschaft. Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien. Heft 15. Braunschweig: Friederich: Vieweg und Sohn,1906.
3. Halliday W. R. 2007. Pseudokarst in the 21 st century. - Journal of Cave and Karst Studies.69. s.103-113.
4. Саваренский Ф.П. Инженерная геология.2-е изд. М.: ГОНТИ, 1939. 488 с.
5. Floridia, G. 1941. Un particolare fenomeno pseudocarsico manifestato da alcune argile. Bolletino della Societa di Sciencio Naturale ed Economiche di Palermo, 23:10–19.
6. Гвоздецкий Н.А. Карст. М., 1954,361 с.
7. Kosack, H.-P. 1952. Die Verbreitung der Karst- und Pseudokarsters cheinungen über die Erde. Petermanns Geographische Mitteilungen, 96 Jahr, 1st Q.: 1ff. witzerland: Speleo Projects: p.107.
8. Kukla, J. (1950): Pseudokrasove jeskynci u Loktu na Slovensku - Ceskoslovensky kras (vol. 3), Brno, p. 274-278.
9. Kunsky, J.1957. Termomineral karst and caves of Zbrasov, northern Moravia. Sbor. Cs.Spol.zemepis ., 62, 4:306-351.
10. Иванова Е.Н., Герасимов И.П., Неуструев С.С., Кнорриг-Неуструева О.Э. Почвенные и ботанико-географические исследования в Кара-Калпакской Автономной области. Тр. почв. Инст-та АН СССР. Т.3-4. 1930. С. 138-154.
11. Земский П.М. Просадочные почвы и почвообразующие породы в орошаемых районах Средней Азии. – Почвоведение, 1954, № 2, С. 13-24.
12. Белов И.П. Тр. Ин-та географ. АН СССР,1940, т.XXXV. Географические исследования в Туркмении в 1934 - 1935 гг. (Куня-дарья, Саракамыш, Приузбойские Кара-кумы). М., Л. Издательство Академии Наук СССР 1940г. 115с.
13. Андрейчук В.Н. Введение. Проблема псевдокарста. Тезисы докл. Совещ.г.Кунгур,1992. Пермь. 1992.С.3-6.
14. Дублянская Г.Н., Дублянский В.Н. Понятие «псевдокарст» и его сущность// Проблема псевдокарста:Тез. Докл. Совещ..Кунгур, 15-16 дек. 1992. Пермь, 1992.С. 6-9.
15. Halliday W. R. 2007. Pseudokarst in the 21 st century. - Journal of Cave and Karst Studies.69. s.103-113.
16. Лаврусевич А.А., Брюхань Ф.Ф., Лаврусевич И.А., Хоменко В.П. Псевдокарстовые явления в четвертичных и коренных отложениях юго-востока Крымского полуострова//Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 11. С. 15-18.
17. Лаврусевич А.А., Лаврусевич И.А., Алешина Т.С., Аллабергенова Э.М., Кузнецова О.Г. Опасность развития техногенного псевдокарста (на примере участка в юго-западной части Крымского полуострова). Мат-лы X междунар. научн.-практич. конф. по проблемам снижения природных опасностей и рисков. М. Геориск 2018. Т.1.С.329-333.
18. Лаврусевич А.А., Крашенинников В.С., Лаврусевич И.А. Лёссовый псевдокарст и опыт укрепления лессовых массивов и откосов искусственными посадками не-

которых растений (на примере лессового плато КНР, провинции Ганьсу и Шеньси)// Инженерная геология. №1, 2012. С.48-58.

19. Кочетов Н.И. Просадочные формы рельефа в Западном Предкавказье// Геоморфология, 1978, №4, С.72.

20. Лисицин К.И. О деформациях суглинистых грунтов Предкавказья в связи с вопросом об образовании степных блюдц. -Материалы Сев.-Кавказ. Геологоразведочного треста. Вып.1. Новочеркасск, 1932. С.19.

21. Кригер Н.И., Гранит Б.А., и др. Опыт комплексного изучения лессового псевдокарста для строительных целей (на примере окрестностей Алма-Аты). // Комплексные исследования в инженерных изысканиях для строительства. ПНИИИС., Сб. научн. Трудов. М.: Стройиздат, 1982. С.50-63

22. Запороженко Э.В. Суффозионные деформации в лессовых породах Предкавказья // Вопросы строительства гидротехнических сооружений на просадочных грунтах. Баку. 1969. С.108-115.\

23. СП 11-105-97, ч. II. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов.2000.

24. СНиП 22-02-2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. 2004.

25. Рекомендации по проведению инженерных изысканий, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области. Нижний Новгород. 2012.140с.

26. Лаврусевич А.А., Хоменко В.П. Инженерная защита территорий, пораженных лессовым псевдокарстом // Вестник МГСУ. №10, 2012. С. 191-199.

27. Лаврусевич А.А., Хоменко В.П., Лаврусевич И.А. Проблемы строительного освоения пораженных псевдокарстом лессовых массивов //Промышленное и гражданское строительство - М.-2012. -№11. -С.8-10.