

# ГРАВИТАЦИОННЫЕ СКЛОНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ — ВОЗМОЖНАЯ ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

## GRAVITATIONAL SLOPE PROCESSES — POSSIBLE GENERAL CLASSIFICATION

УДК 551.4.042

DOI 10.25296/1993-5056-2017-4-28-38



**КРОПОТКИН М.П.**

Директор ООО НПП «Сингеос», г. Москва, [singeos@narod.ru](mailto:singeos@narod.ru)

**KROPOTKIN M.P.**

Director of the «Singeos» LLC research and production enterprise, Moscow, [singeos@narod.ru](mailto:singeos@narod.ru)

**Ключевые слова:**

гравитационные склоновые процессы; классификация; механизм.

**Key words:**

gravitational slope processes; classification; mechanism.

**Аннотация**

Проанализирован ряд существующих классификаций гравитационных склоновых процессов и предложен иной вариант классификации, основанный на механизме нарушения общей устойчивости.

**Abstract**

A number of existing classifications of gravitational slope processes was analyzed and an alternate classification version, based on the mechanism of overall stability violation, was proposed.

Гравитационные склоновые процессы наряду с эрозионными и тектоническими в наибольшей степени формируют современный рельеф, при этом нередко существенно осложняя хозяйственное использование территории. Классифицирование гравитационных процессов позволяет более рельефно выделить черты механизмов их развития и факторы, способствующие возникновению, и на этой основе разработать обоснованную методику изучения, прогнозирования и при необходимости проектирования защитных мероприятий.

Наиболее удачным общим определением гравитационных склоновых процессов следует, видимо, считать следующее: «Смещение грунтов на склонах и откосах под действием силы тяжести без существенного влияния каких-либо транспортирующих агентов» (в авторском сокращении по [13]).

При этом, априори, вода и лед исключаются из категории «грунты» и могут рассматриваться лишь как транспортирующие агенты. В соответствии с этим к гравитационным склоновым процессам не могут быть отнесены сели, снежные лавины, движение ледников, плоскостной и струйчатый смыв и другие эрозионные процессы. Они изучаются преимущественно не инженерной геологией, хотя на практике к инженер-геологам часто предъявляются требования рассматривать все *опасные экзогенные процессы*, кроме метеорологических и узко гидрологических (паводки, затопления и т.д.).

Среди опасных гравитационных процессов важнейшее место занимают *оползневые* ввиду своей широкой распространенности и значительных человеческих жертв и убытков, наносимых хозяйству. Чтобы вычленил ополз-

невые процессы в ряду гравитационных склоновых, достаточно к вышеприведенному общему определению добавить окончание: «смещение грунтов ... без потери **сплошного** контакта движущейся части массива с неподвижной».

На протяжении длительной истории изучения гравитационных склоновых процессов разработано значительное количество их классификаций, как отечественных — Н.Н. Маслова (1955), В.Д. Ломтадзе (1970), Г.С. Золотарева (1983) (табл. 1), А.И. Шеко (1994) и др., так и зарубежных.

Существенным моментом при анализе и сравнении различных классификаций является соотношение терминов. Интересно отметить, что в отечественной литературе англоязычным аналогом «оползня» выступает «landslide». Однако за рубежом этот термин в большинстве случаев охватывает почти все гравитационные склоновые процессы, рассматриваемые в данной статье: собственно оползни, обвалы, осыпи, каменные (скальные) лавины, солифлюкцию, крип (медленная глубинная ползучесть). Классификация этих явлений была проведена рабочей Группой по оползням, действующей в составе Международного союза геологических наук (IUGS). При этом им удалось прийти к определенному консенсусу на международном уровне и обобщить проделанную работу в многоязычном оползневом словаре (the Multilingual Landslide Glossary, 1993). Эта классификация развивает широко используемые классификации Д.Дж. Варна (Varnes, 1958, 1978). Место термина «механизм» здесь занимают близкие по смыслу «кинематические особенности движения грун-

Таблица 1

Схема классификации гравитационных склоновых процессов (по Г.С. Золотареву, 1983 [3])		
Группа процессов и явлений	Типы и виды	
I. Обвальные — отчленение от основного массива блока и глыб пород разных объемов, их обрушение, дробление и последующее скатывание	—	Осыпи и вывалы глыб, обвалы; развалы: лавины обломочно-глыбовые («каменные»); лавины снежно-каменные
	Переходные	Оползни-обвалы, осыпи
II. Оползневые — отчленение и скольжение пород разного состава, сложения, строения и объемов по подготовленной или вновь формируемой поверхности (зоне) разной формы и толщины, с различным характером деформации пород	Выдавливания (детрузивные)	Оползни блокового строения прочных пород с деформациями ползучести в глинистых и плавунных песчаных и в зонах тектонических нарушений
	Консеквентные	Оползни скольжения блокового строения со смещениями по имеющимся в массиве поверхностям и зонам ослабления
	Вязкопластические (деляпсивные); с преобладанием сдвиговых и частично пластических деформаций водонасыщенных обломочных масс	Оползни-потоки и сплывы: оползни «внезапного» разжижения лессовых и малолитифицированных («подвижных») глин
	Сложные и переходные типы	Консеквентно-детрузивные: сейсмически возбужденные потоки и лавины, деляпсивно-детрузивные с большой энергией
III. Десерпционно-солифлюкционные — медленные смещения (вязкого течения и сдвига) щебенисто-глыбовых и обломочно-глинистых водонасыщенных масс на пологих склонах в нивальных и высокогорных областях	Курумы и обособленные глыбы: — льдокаменные глетчеры; — оплывины; — солифлюкционные натечные бугры и ступени	
IV. Специфические смещения	Изгибы торцов пластов у поверхности склона (пластические деформации), смешанные и переходные виды движений, например, от быстрых оползней-потоков к «связным» селям или от сплывов к солифлюкционным формам	

**Сопоставление наиболее распространенных классификаций оползней по механизму смещения.  
Составлено по [2, 10, 13]**

Авторы и год опубликования классификации								
Н.Н. Маслов, 1955	М.К. Рзаева, 1969	Г.С. Золотарев, 1970, 1983	К.А. Гулакян, В.В. Кюнтцель, 1970	Д.Дж. Варнс, 1978	В.В. Кюнтцель, 1980	Н.Ф. Петров, 1987	И.О. Тихвинский, 1988	Г.П. Постоев, 2001, 2013
Обрушения со срезом и вращением	Блоковые, срезающие	Соскальзывания (консеквентные) по поверхностям и зонам ослабления	Скольжения	Скольжения	Скольжения	Скольжения	Сдвига (скольжения, блоковые, «собственно оползни»)	Сдвига-скольжения
Скола при просадке								
Скольжения по фиксированным плоскостям								
Сползания покровных пород	Сползания							
Оползень-сдвиг	Выдавливания (одесского типа)	Выдавливания (детрузивные) — блоковые оползни прочных пород с деформациями ползучести в глинистых и плавунных песчаных грунтах и зонах тектонических нарушений	Выдавливания	Выдавливания	Сдвига (выдавливания)	Выдавливания	Выдавливания (раздавливания)	Сжатия-выдавливания
Сплыва	Суффозионные, выплывания	Вязкопластические — оползни-потоки и сплывы, оползни «внезапного» разжижения лессов и нелитифицированных (либо выветрелых) глин	Выплывания	—	Выплывания	Оползни оседания, «особенные»	Гидродинамического разрушения (выплывания)	Разжижения-течения
	Просадочные		Проседания	—	Проседания	Выплывания (суффозионные)		
	Потоки (течения, оползания)		Течения	Течения (оползни-потоки)	Течения (потоки)	Течения	Вязкопластические (вязкопластического течения, консистентные, грязевые)	
	Сплывы, оплывины					Оползни оседания «особенные»		
—	Норвежского типа		Разжижения		Разжижения	Разжижения	Внезапного разжижения	

товых масс» (типы движения). Выделяется 5 типов движений [19, 21, 22]:

- fall — обрушение (отечественный аналог) — обвальные и отчасти осыпные явления;
- topple — опрокидывание — в массивах, в которых первоначальное смещение возникает преимущественно под влиянием нескомпенсированного момента вращения тела (блока) вокруг точки или оси ниже его центра тяжести; характерно в основном для полускальных массивов, имеющих плоскости ослабления, ориентированные вертикально или вглубь склона;
- slide — собственно оползание, скольжение, срез; разрушение происходит в узкой зоне под воздействием значительных касательных напряжений;

- spread — «растекание» — размягченные водонасыщенные песчаные и глинистые грунты выдавливаются с разрушением структуры под весом вышележащих слоев, а в ряде случаев в результате гидравлического воздействия подземных вод с последующим растеканием в основании склона;
- flow — поток — преимущественно вязкое движение существенно нарушенных грунтов с отсутствием протяженной и сохраняющейся во времени зоны смещения; как правило, длина оползневого тела в направлении смещения многократно превосходит его ширину, контролируемую морфологией ложа; в эту же группу относят так называемые «обломочные лавины».

Типы склоновых процессов по [16]			
Типы опасных склоновых процессов (по механизму смещения пород)	Подтипы	Характеристика пород основного деформируемого горизонта (ОДГ)	Характер проявления
Оползни сдвига (скольжения)	Инсеквентные (срезающие)	Глинистые (реже выветрелые полускальные и скальные) породы, массивные или слоистые, с пологим или обратным падению склона залеганием слоев	Отрыв и смещение блоков пород по вогнутой криволинейной поверхности с одновременным их запрокидыванием
	Консеквентные (соскальзывающие)	Прослой глинистых пластичных грунтов в толще более прочных грунтов и поверхности ослабления, наклоненные в сторону падения склона	Смещение массива или блоков пород по поверхностям ослабления
Оползни выдавливания	—	Глинистые, преимущественно пластичные	Выдавливание грунта из-под подошвы приборочного уступа склона и его смещение совместно с ранее образовавшимися на склоне оползневыми накоплениями
Оползни вязкопластические	Оползни-потоки	Глинистые, малоуплотненные и слаболитифицированные, пластичные	Вязкопластическое течение массы грунта: по ложбинам — оползни-потоки, вытянутой по оси оползания формы в плане; на увлажненных крутых уступах — сплывы; в пределах зоны сезонного промерзания при оттаивании — оплывины
	Сплывы (оплывины)		
Оползни гидродинамического разрушения	Суффозионные	Водонасыщенные песчаные и глинистые пылеватые грунты	Отрыв оползневого тела или обрушение суффозионной ниши с последующим растеканием сместившейся водонасыщенной массы
	Гидродинамического выпора		
Оползни внезапного разжижения	Несейсмогенного разжижения	Слабоуплотненные глинистые и песчаные водонасыщенные грунты, подверженные быстрому разупрочнению при динамических воздействиях	Разжижение при динамическом воздействии (техногенном сотрясении или сейсмических толчках) и быстрое вязкое течение разжиженного грунта по уклону рельефа
	Сейсмогенного разжижения		
Обвалы и вывалы	—	Скальные, полускальные и глинистые твердые трещиноватые породы	Отрыв от крутых уступов (откосов) крупных блоков (обвалы) или отдельных глыб грунта (вывалы) с последующим быстрым смещением (свободным падением или качением)
Осыпи	—	Скальные и полускальные выветрелые, песчаные и твердые глинистые породы	Отрыв от обнаженной поверхности уступа (откоса) и скатывание к его основанию мелких обломков породы

Здесь, как видим, отсутствуют так называемые оползни выдавливания в их «классическом» облике, представленные в большинстве отечественных работ (табл. 2). Еще одним важным отличием рассматриваемой зарубежной классификации является наличие в ней оползней «растекания». Они наиболее близки к отечественным типам «оползней гидродинамического разрушения», «оползней внезапного разжижения», «суффозионным оползням» и т.д.

При всем несомненном уважении к создателям многочисленных существующих классификаций в России и за рубежом, приходится признать, что все известные автору классификации страдают либо неполнотой, либо внутренней логической противоречивостью.

В качестве примера вышеуказанных недостатков приведем табл. 3, где представлена классификация гравитационных склоновых процессов, содержащаяся в СП 11-105-97, часть II [16].

- В одном ранге фигурируют: начальный механизм деформации (суффозия, гидродинамическое разрушение), характер смещения оползающих масс (оползни вязкопластические) и внезапность для человека (оползни *внезапного* разжижения).
- В типе процессов «осыпи» указано осыпание *песков* (песчинок?).

- В типе «оползни гидродинамического разрушения» указан «отрыв оползневого тела»!
- Название подтипа оползней — «*гидродинамического* выпора» — неудачно ввиду слабого динамического воздействия подземных вод на склоновые массивы (гидродинамическое воздействие как таковое существенно лишь для суффозионных оползней); лучше использовать словосочетание «*гидравлического* выпора».
- Формулировка типа «оползни выдавливания»: «выдавливание грунта из-под подошвы приборочного уступа склона и его смещение совместно с ранее образовавшимися на склоне оползневыми накоплениями» крайне неопределенна.

Во-первых, где находится «подошва приборочного уступа склона»? Если речь идет о подошве стенки срыва, то от нее до основного деформируемого горизонта (ОДГ) может быть расстояние по вертикали, составляющее 50–80% всей высоты склона. В пределах всего этого расстояния никакого выдавливания нет заведомо.

Во-вторых, как классифицировать оползень, если «ранее образовавшихся накоплений» нет (первичный оползень) или они размыты, срезаны?

И наконец, что с физической точки зрения в СП названо выдавливанием? Перемещение языковой части масси-

Предлагаемая классификация гравитационных склоновых процессов				
Тип процесса	Класс процесса (общий механизм)	Вид процесса (специфика механизма)	Разновидность процесса	
Оползневой (смещение пород без потери сплошного контакта движущейся части массива с неподвижной)	Сдвига (с узкой зоной разрушения структуры грунтов массива) (западный аналог — slide)	Среза	Наклонного смещения (классические)	
			Субгоризонтального смещения («псевдовыдавливания»)	
		Скольжения (соскальзывания)	Линейного смещения	
			Ступенчатого смещения	
	Отрыва-скольжения (сейсмогенные)	Линейного и ступенчатого смещения		
		Выплывания	Выплывания плывунов (при снижении эффективных напряжений)	
	Гидравлического выпора (с разрушением «экрана»)			
	Суффозионные оползни			
	Оползни проседания (в просадочных грунтах)			
	Сдвига-разжижения (с широкой зоной разрушенной структуры грунтов)	Раздавливания («истинные оползни выдавливания»)	Разрушения ОДГ при разгрузке	
			Разрушения ОДГ при пригрузке	
		Разжижения-течения* (полное или почти полное разрушение структуры грунтов оползающего массива и их вязкое или вязкопластическое деформирование)	Гидроразжижения (переувлажнения)	— оползни-потоки (flow) — оползни растекания (spread) — сплывы (оплывины)
Гидрохимического разжижения (выщелачивания)				
Динамического разжижения				
Солифлокционные (криосолифлокция)				
Изгиба-разрыва (опрокидывания) (topple)				
Обвально-осыпные (с частичной потерей контакта движущейся части массива с неподвижной)	Сдвига и качения (участками — падения)	— обвалы — осыпи – осывы — каменные (скальные) лавины		
	Опрокидывания и качения (участками — падения)			
	Отрыва-сдвига и качения (участками — падения) (сейсмогенные)			
Особые	Регулярного возвратного непараллельного смещения под влиянием периодического изменения объема грунтов	Курумы		
		Крип набухания-усадки		

\*Разновидности процесса среди оползней разжижения-течения выделены по особенностям дальнейшего смещения оползающих масс.

ва вперед-вниз при оползании происходит почти всегда и классификационным признаком быть не может. Если же под этим термином понимать раздавливание грунтов ОДГ в целом и вязкопластическое выдавливание разрушенных грунтов, то, как указывал В.В. Кюнтцель [9], «фактических данных об этом практически никем не приводится». Как показано ранее автором данной статьи, большинство оползней, относимых в настоящее время к «оползням выдавливания», вообще фактически являются блоковыми оползнями сдвига (срезания) [6, 7, 8].

- В подтипе «инсеквентные (срезающие) оползни» в графе «характер проявления» зачем-то упомянут «отрыв», хотя напряжения растяжения с трещи-

нами отрыва характерны и для других типов оползней.

- Возможность оползания песчаных грунтов в классификации вообще проигнорирована, за исключением оползней гидродинамического разрушения. Что же тогда происходит с песчаными откосами, например, при их подрезке?
- В типе «оползни внезапного разжижения» совершенно справедливо введен подтип «несейсмогенного разжижения», в частности оползание в молодых морских глинах, разупрочненных под влиянием понижения концентрации солей в поровом растворе (норвежский тип), однако в графе «характер проявления» для всех подобных оползней указано «разжижение

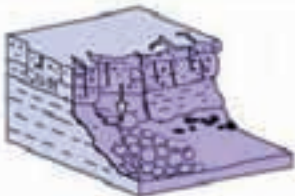













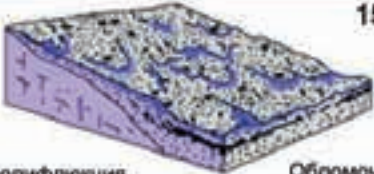




Грунты		Скальные и полускальные	Крупнообломочные	Песчано-пылевато-глинистые
Типы движения				
Обрушения		 1	 2	 3
	Опрокидывания	 4	 5	 6
Скольжения	Вращательные	 7 Однократные	 8 Множественные	 9 Последовательные
	Плоскостные	 10	 11	 12
Растекания		 13	 14	
Потоки		 15 Солифлюкция	 16 Обломочные потоки	 17
	Сложные	 18	 19	

Рис. 1. Классификация гравитационных склоновых процессов по [20]

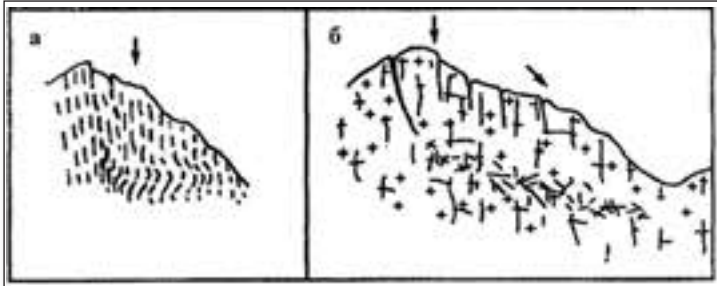


Рис. 2. а — гравитационные складки: глубинная ползучесть с S-образным изгибом пластов; б — гравитационные деформации хребтов [15]

при динамическом воздействии», хотя к разжижению могут приводить и эрозия, и абразия, и техногенные подрезки склонов.

- Отсутствуют скальные (каменные) лавины с большой скоростью и дальностью перемещения, представляющие большую опасность.
- Отсутствуют криповые деформации (медленная глубинная ползучесть).

Автор со стыдом признает, что, участвуя в разработке данного СП, несомненно, видел эту таблицу, но не придавал значения подобным несуразностям.

В связи с вышесказанным автором сделана попытка разработки классификации гравитационных склоновых процессов, в минимальной степени имеющей внутреннюю логическую противоречивость и с достаточной полнотой охватывающей все более или менее типичные проявления этих процессов (табл. 4). В основу предлагаемой классификации положен механизм нарушения устойчивости массива и смещения отделившейся от него части. Классы процесса выделены по общему механизму разрушения массива и степени его нарушения при этом. Виды и разновидности процессов выделяются по специфике механизма разрушения или по особенностям дальнейшего смещения грунтов.

Необходимо уточнить, что дополняющими могут быть и другие классификационные признаки: размеры и объемы смещающихся грунтовых тел, степень активности смещений и т.д. Надо также не забывать, что у одного и того же склона механизмы разрушения и дальнейшего смещения грунтов могут различаться. Например, при оползании наиболее часты случаи, когда сдвиг переходит в вязкое течение. В регионах с контрастным рельефом нередки также оползни-обвалы, при которых первоначально сместившиеся как оползень грунтовые массы, достигнув нижележащей крутой части склона, далее перемещаются по механизму обвала.

Использовать в качестве основного классификационного признака «среду развития процесса», как делается в ряде классификаций, кажется нецелесообразным. Для некоторых классов склоновых процессов «среда» может быть весьма разнообразной, а невозможность возникновения, например, классических оползней разжижения в скальных грунтах и так очевидна, как и приуроченность обвалов и осыпей именно к скальным и полускальным грунтам.

Попытки ввести во все виды смещений по механизму все основные классы грунтов массива [20] дают внешне привлекательную схему в виде матрицы (рис. 1), в которой, однако, ряд таксонов оказывается либо надуманным, то есть физически нереальным (2, 5), либо искусственно

разделенным (7, 8, 9), либо несоответствующим декларируемому механизму (3, 13, 14, 15). При этом важнейшие факторы возникновения (гидрохимическое разжижение, динамическое разжижение, выплывание плывунов при снижении эффективных напряжений и т.д.) не могут найти в них отражение.

Сейсмические и вибрационные (техногенного генезиса) воздействия являются факторами, способствующими возникновению (и частично определяющими специфику проявления) процесса, наравне с обводнением, выветриванием и т.д. Для оползневых явлений сейсмическое воздействие может быть лишь инициирующей причиной смещения находящейся в потенциально неустойчивом состоянии части массива, а не *основой механизма* этого смещения. В.В. Пендин и И.К. Фоменко также отмечают, что большинство сейсмогенных оползней имеет тот же механизм смещения, что и оползни экзогенного развития [14].

Степень «потенциальной неустойчивости», упомянутая выше, однако, может быть весьма различной. Очень сильные сейсмические воздействия могут вызывать оползни и на участках, имеющих заметный запас устойчивости (пологие или сравнительно прочные склоновые массивы), где остальные факторы, обычно приводящие к началу процесса оползания, к нему не привели бы даже в течение длительного времени.

Кроме того, чем сильнее сейсмическое воздействие на территорию, тем большим оказывается количество участков, достаточно «подготовленных» для активизации данным воздействием. В частности, статистический анализ оползнепроявлений, вызванных Вэньчуаньским землетрясением 12 мая 2008 г. в Китае, показал, что удельная плотность их при интенсивности сейсмического воздействия XI и X составляет около 1,2 на 1 км<sup>2</sup>, в то время как при интенсивности IX удельная плотность снижается до 0,4 с уменьшением до 0,1 при интенсивности VIII [18]. В результате связь общей площади оползнепроявлений с магнитудой землетрясения прослеживается очень четко [12].

В предлагаемой классификации в ранге «вид (специфика механизма)» выделены оползни «отрыва-скольжения (сейсмогенные)» лишь в силу **специфичности** механизма разрушения массива, с исключительно большой ролью напряжений растяжения, возникающих при прохождении сейсмических волн. Выделять сейсмогенные оползни в ранге «класса» автор считает нецелесообразным.

Интенсивность (ускорения и амплитуды) сейсмического воздействия в целом возрастает с увеличением высоты и крутизны склона, и для тех обвалов, которые возникают на высоких склонах, сейсмическое воздействие может быть сильнее, чем для большинства оползнеопасных склонов. Можно ожидать, что хрупкий характер разрушения скальных грунтов обвальных массивов в отличие от оползневых массивов, сложенных, как правило, грунтами, имеющими вязкую составляющую сопротивления сдвигу, также будет приводить к большему разрушающему эффекту от сейсмических воздействий. И действительно, согласно обобщающим данным Д.К. Киффера [12], в наибольшей степени землетрясения провоцируют именно обвальные и осыпные процессы. Поэтому для них выделение класса «отрыва-сдвига и качения (участками — падения) (сейсмогенных)», видимо, обоснованно.

Понятно, что землетрясения выступают также в роли «подготовителя» склона к смещению, вызывая образование в массивах новых трещин разрыва и расширение старых.

При этом за рамками данной классификации следует оставить следующие явления:

- дооползневые деформации на склонах: различные формы перекашивания массива и образование трещин могут возникать на склонах при общем коэффициенте устойчивости, значительно большем 1;
- неравномерные деформации в условиях несимметричного поля напряжений на склоне и вблизи бровки:
  - осадки и просадочные деформации;
  - в скальных и полускальных грунтах к подобным деформациям относятся, в частности, гравитационная складчатость — глубинная ползучесть с изгибом пластов — и гравитационные деформации хребтов (рис. 2). Деформирующиеся массивы имеют, как правило, огромные размеры (максимальный объем тел достигает 20 млрд м<sup>3</sup>).

Требуется отдельного изучения проблема классификации подводных оползней, весьма разнообразных по механизму, размеру и формам проявления, имеющих в ряде случаев значительную специфику [4, 5, 11].

Кроме того, многие склоновые процессы переходят друг в друга во времени и пространстве: так называемые составные или сложные оползни [17], обвальное-оползневые процессы и т.д.

Целесообразно уточнить определения некоторых использованных в классификации терминов.

Для оползней и обвалов, имеющих кинематическую составляющую **опрокидывания** (topple), то есть движения вокруг виртуальной точки или оси, находящейся ниже центра тяжести блока, характерна большая роль деформаций изгиба и растяжения (вплоть до разрыва). Развиваются они лишь в скальных и полускальных грунтах, в массивах, имеющих падение трещиноватости или напластования (при наличии в разрезе относительно пластичных слоев) вглубь склона или вертикальное, охватывая массив на глубину до 200–300 м. В полускальных породах типа сланцев разрушению (опрокидыванию) предшествуют большие и длительные деформации изгиба (рис. 3).

Оползни **разрушения ОДГ при разгрузке** образуются в условиях исключительно высокой пластичности грунтов ОДГ и разрушении их структуры при глубокой, как правило искусственной, разгрузке вертикальных напряжений, но при наличии в этом разжиженном слое значительного градиента давлений в горизонтальном направлении.

Оползни **разрушения ОДГ при пригрузке** образуются при особо слабых структурных связях грунтов ОДГ, разрушение которых возможно в больших объемах даже в условиях сравнительно незначительного возрастания напряжений при пригрузке массива.

Оползни **расседания** образуются при медленном пластическом деформировании ОДГ под влиянием больших напряжений, передаваемых мощным вышележащим массивом с большой жесткостью. Это приводит к отчленению и дальнейшему расползанию в направлении базиса смещения блоков полускальных и скальных пород. Перемещения непрерывные, очень длительные (1–100 тыс. лет), весьма медленные (0,3–10 мм в год), без наличия четкой зоны смещения и без возможности перехода в стадию быстрого смещения. В эту группу попадают оползни так называемого Ангарского типа. Разновидность «оползни отрыва-сдвига», вероятно, может иметь как широкую зону пластических деформаций, так и «квазизону», состоящую из множества небольших сдвиговых смещений.

Оползни **выплывания** отличаются в большинстве случаев внезапностью проявления, лишь зарождение суффузионных форм в некоторых случаях сопровождается образованием воронок на склоне и у бровки. В районе очага почти мгновенно формируется глубокая воронкообразная депрессия диаметром, как правило, в диапазоне 15–60 м, а разжиженные массы в виде грязевого потока вырываются из суженной горловины на склон и текут вниз, формируя характерную гантелеобразную форму. Объемы разжижающихся масс в большинстве случаев составляют от нескольких сотен до первых десятков тысяч кубических метров, а

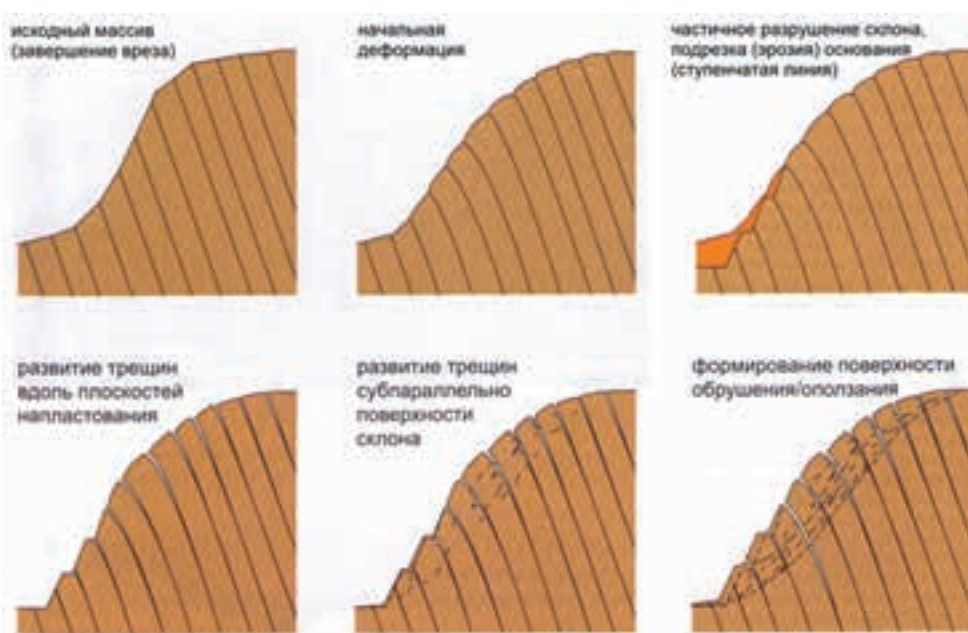


Рис. 3. Эволюция склонового массива, приводящая к формированию оползня по схеме опрокидывания (по [1] с исправлениями подписей отдельных фаз процесса)



скорости движения оползневых потоков достигают нескольких метров в секунду. Многие из подобных оползней сопровождаются трагическими событиями, включая гибель людей. Для разновидностей «оползни проседания» и «выплывания плывунов» вышеописанная гантелеобразная форма в плане характерна далеко не всегда.

**Обвалы** — разовые крупномасштабные обрушения. Характерны преимущественно для крупноблочных скальных и полускальных массивов.

**Осыпи** — регулярное (периодическое) обрушение отдельных обломков. Характерны преимущественно для мелкоблочных скальных и полускальных массивов.

**Осовы** — смещения (выполаживание) осыпных отложений при увлажнении или сейсмическом воздействии.

**Сплывы (оплывины)** — маломощные смещения увлажненных пород, не распространяющиеся на заметное расстояние за пределы первоначального склона.


**Солифлюкция (криосолифлюкция)** — медленное пластическое течение переувлажненных оттаявших грунтов по мерзлой поверхности еще не протаявшего основания, многолетнемерзлого или сезонно-мерзлого (при большой глубине промерзания).

**Каменные (скальные) лавины** — быстрые перемещения обломочного материала в виде потока. Исходный материал (различного происхождения) может существовать до возникновения подобной лавины (в этом случае начальная часть смещения происходит по крутому склону) либо образовываться при разрушении обвальных и обвально-оползневых масс, обрушившихся непосредственно в начале процесса. Каменные лавины возникают внезапно, протекают быстро (как правило, в течение первых минут), имеют большую скорость движения (до 100 м/с) и распространяются зачастую на значительные расстояния, в том числе по

сравнительно пологим участкам долин с поворотами траектории на углы до 90°. Смещающийся материал в значительной степени представлен щебнем и глыбами, но присутствует заметная доля частиц гравийной, песчаной и пылевой размерности. В отличие от селей материал содержит менее (обычно существенно менее) 50% воды, хотя влияние снежной или ледовой составляющей, в том числе переходящей в жидкое или парообразное состояние в ходе процесса, на динамику подобной лавины может быть существенным.

## Заключение

Правильное классифицирование конкретных гравитационных склоновых процессов имеет большое значение не только для научно-методических задач и обучения специалистов в этой области, но и в первую очередь для правильной оценки и расчетов устойчивости склонов и откосов, организации мониторинга и проектирования защитных мероприятий, оценки риска освоения и использования территории. Только для оползней существует более 100 классификаций по различным признакам: механизму, строению (структуре), типам движения масс горных пород и кинематике, возрасту смещающихся пород, составу, разрыву сплошности пород или его отсутствию, размеру в плане и глубине захвата массива оползанием, характеру деформаций в ходе основного смещения, направлению развития (прогрессивному или регрессивному), степени активности, скорости смещения и т.д.

Используемые в настоящее время общие классификации гравитационных склоновых процессов являются либо неполными, либо логически противоречивыми. Рассматриваемая в статье авторская классификация гравитационных склоновых процессов предлагается для дальнейшего обсуждения и совершенствования. 

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Вэй Ю.Цз. Основные характеристики Вэньчуаньского землетрясения и его влияние на опасные геологические процессы // Геориск. 2010. № 1. С. 6–11.
2. Григоренко А.Г., Кюнтцель В.В., Новак В.Е., Тамутис З.П. Инженерная геодинамика: учеб. пособие. К.: Лыбидь, 1992. 296 с.
3. Инженерная геология России. Том 2. Инженерная геодинамика территории России: монография / под ред. В.Т. Трофимова, Э.В. Калинина. М.: КДУ, 2013. 816 с.
4. Ионов В.Ю. Опыт исследования подводных оползней для обоснования строительства морских нефтегазовых сооружений // Инженерные изыскания. 2012. № 6. С. 52–63.
5. Ионов В.Ю. Инженерно-геологические условия формирования подводных оползней в отложениях шельфа Черного моря (между мысом Мал. Утриш и бухтой Хоста): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2013. 23 с.
6. Кропоткин М.П. Природа крупных оползней Москвы и Подмосковья // Инженерная геология. 2016. № 1. С. 4–14.
7. Кропоткин М.П. Существуют ли оползни выдавливания? // Инженерная геология. 2016. № 2. С. 28–40.
8. Кропоткин М.П. Оценка оползневой угрозы для метрополитана Воробьевых гор в Москве // Инженерная геология. 2016. № 3. С. 6–15.
9. Кюнтцель В.В. Механизм формирования оползней выдавливания на Русской платформе // Инженерная геология. 1986. № 6. С. 60–64.
10. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства (оползни и борьба с ними): учеб. пособие для вузов. М.: Стройиздат, 1977. 320 с.
11. Миронюк С.Г., Маркарьян В.В., Шельтинг С.К. Опыт комплексной оценки и крупномасштабного районирования северо-восточного шельфа Черного моря по геологической опасности для строительства линейных объектов // Инженерные изыскания. 2013. № 13. С. 46–57.
12. Ниязов Р.А. Оползни, вызванные Памиро-Гиндукушскими землетрясениями. Ташкент: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2015. 224 с.
13. Опасные экзогенные процессы / под ред. В.И. Осипова. М.: ГЕОС, 1999. 290 с.

14. Пендин В.В., Фоменко И.К. Методология оценки и прогноза оползневой опасности. М.: ЛЕНАНД, 2015. 320 с.
15. Постоев Г.П. Предельное состояние и деформации грунтов в массиве (оползни, карстовые провалы, осадки грунтовых оснований). М.-СПб.: Нестор-История, 2013. 100 с.
16. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М.: ПНИИИС Госстроя России, 2000. С. 14–20.
17. Тер-Степанян Г.И. Типы составных и сложных оползней на природных склонах // Проблемы геомеханики. Ереван. 1982. № 8. С. 9–22.
18. Хуан Ж.Ц., Лу В.Л. Анализ опасных геологических процессов, вызванных Вэньчуаньским землетрясением 12 мая 2008 года в Китае // Геориск. 2010. № 1. С. 14–20.
19. Cruden D., Lan Heng-Xing. Using the Working Classification of Landslides to Assess the Danger from a Natural Slope // Engineering Geology for Society and Territory. Vol. 2 Landslide Processes: the Proceedings of the XII International IAEG Congress, Torino .2014. Springer. 2015. P. 3–12.
20. Dikau R., Brunnsden D., Schrott L., Ibsen M.-L. Landslide recognition. Wiley, Chichester, U.K., 1996. 251 p.
21. Huang R. Understanding the Mechanism of Large-Scale Landslides // Engineering Geology for Society and Territory. Vol. 2. Landslide Processes: the Proceedings of the XII International IAEG Congress, Torino 2014. Springer. 2015. P. 13–32.
22. WP/WLI (International Geotechnical Societies UNESCO Working Party on World Landslide Inventory). Multilingual landslide glossary. Richmond, British Columbia: Bitech Publishers. 1993. P. 5.

## Summary

Gravitational slope processes classification allows to highlight their mechanism properties and factors influencing occurrence more distinctly. Based on this, a reasonable methodology for examination, forecasting and, if required, design of preventive measures can be

developed. Many gravitational slope processes classifications exist; however, they are either incomplete or contain internal logical inconsistencies.

The proposed classification is based on mechanisms of negative stability of the massif and movement of the separated part. 

## CAPTIONS TO FIGURES

Fig. 1. Classification of gravitational slope processes [20]

Fig. 2. a — gravitational folds: depth creep with S-shaped bending of strata; b — gravitational deformations of ridges

Fig. 3. The evolution of slope massif causing the formation of the topple landslide ([1] with remarks)

## CAPTIONS TO TABLES

Table 1. Gravitational slope processes classification scheme (according to G.S. Zolotarev, 1983 [3])

Table 2. Comparison of the most common landslide classifications based on the movement mechanism [2, 10, 13]

Table 3. Types of slope processes [16]

Table 4. Proposed classification of the gravitational slope processes

## REFERENCES

1. Wei Yu.J. Osnovnye harakteristiki Ven'chuan'skogo zemletryaseniya i ego vliyanie na opasnye geologicheskie processy [Basic Characteristics of Wenchuan Earthquake and its Geological Hazard effects] // Georisk. 2010. № 1. S. 6–11. (Rus.).
2. Grigorenko A.G., Kyuntcel' V.V., Novak V.E., Tamutis Z.P. Inzhenernaya geodinamika: ucheb. posobie [Engineering geodynamics: study aid]. K.: Lybid', 1992. 296 s. (Rus.).
3. Inzhenernaya geologiya Rossii. T. 2. Inzhenernaya geodinamika territorii Rossii: monografiya [Engineering geology of Russia. Vol. 2. Engineering geodynamics of the territory of Russia] / pod red. [Eds.] V.T. Trofimova, E.V. Kalinina. M.: KDU, 2013. 816 s. (Rus.).
4. Ionov V.Yu. Opyt issledovaniya podvodnyh opolznej dlya obosnovaniya stroitel'stva morskikh neftegazovykh sooruzheniy [Review of Submarine Landslides Studies as Applied to Construction of Marine Oil and Gas Installations] // Inzhenernye izyskaniya [Engineering Survey]. 2012. № 6. S. 52–63. (Rus.).
5. Ionov V.Yu. Inzhenerno-geologicheskie usloviya formirovaniya podvodnyh opolznej v otlozheniyakh shel'fa Chernogo morya (mezhdumysom Mal. Utrish i buhtoj Hosta) [Engineering Geological Setting for Submarine Landslides in the Deposits of the Black Sea Shelf (between the Malyy Utrish Cape and the Hosta Cove)]: avtoref. dis. ... kand. geol.-min. nauk [Abstract of the Dissertation of Candidate of Science in Geology and Mineralogy]. M.: 2013. 23 s. (Rus.).
6. Kropotkin M.P. Priroda krupnykh opolznej Moskvy i Podmoskov'ya [The Nature of Large Landslides in Moscow and its Vicinities] // Inzhenernaya geologiya [Engineering Geology]. 2016. № 1. S. 4–14. (Rus.).

7. *Kropotkin M.P.* Sushhestvuyut li opolzni vydavlivaniya? [Are there Any Landslides Extrusion?] // *Inzhenernaja geologija* [Engineering Geology]. 2016. № 2. S. 28–40. (Rus.).
8. *Kropotkin M.P.* Ocenka opolznevoj ugrozy dlya metromosta Vorob'evykh gor v Moskve [Assessment of Landslide threat to Vorobyovy Gory Metro Bridge in Moscow] // *Inzhenernaya geologiya* [Engineering Geology]. 2016. № 3. S. 6–15. (Rus.).
9. *Kyuntcel' V.V.* Mehanizm formirovaniya opolznej vydavlivaniya na Russkoj platforme [Mechanism of Detrusion Landslide Formation on East European Craton] // *Inzhenernaja geologija* [Engineering Geology]. 1986. № 6. S. 60–64. (Rus.).
10. *Maslov N.N.* Mehanika gruntov v praktike stroitel'stva (opolzni i bor'ba s nimi): ucheb. posobie dlja vuzov [Soil mechanics in civil engineering (landslides and mitigation measures): study aid]. M.: Strojizdat, 1977. 320 s. (Rus.).
11. *Mironyuk S.G., Markar'yan V.V., Shel'ting S.K.* Opyt kompleksnoj ocenki i krupnomasshtabnogo rajonirovaniya severo-vostochnogo shel'fa Chernogo morya po geologicheskoj opasnosti dlya stroitel'stva linejnykh ob'ektov [Experience of Integrated Assessment and Large-Scale Engineering-Geological Zoning of the North-Eastern Shelf of the Black Sea on Geohazards for Construction of Linear Objects] // *Inzhenernye izyskaniya* [Engineering Survey]. 2013. № 13. S. 46–57. (Rus.).
12. *Niyazov R.A.* Opolzni, vyzvannye Pamiro-Gindukushskimi zemletrjaseniyami [Landslides caused by Pamir-Hindu Kush earthquakes]. Tashkent: GP «Institut GIDROINGEO» [Institute HYDROENGEIO], 2015. 224 s. (Rus.).
13. *Opasnye ekzogennye processy* [Hazardous Exogeneous Processes] / pod red. [ed.] V.I. Osipova. M.: GEOS, 1999. 290 s. (Rus.).
14. *Pendin V.V., Fomenko I.K.* Metodologiya ocenki i prognoza opolznevoj opasnosti. M.: LENAND, 2015. 320 s. (Rus.).
15. *Postoev G.P.* Predel'noe sostoyanie i deformacii gruntov v massive (opolzni, karstovye provaly, osadki gruntovykh osnovanij) [Limit State and Deformations of Soils in Massive]. M.-SPb.: Nestor-Istorija, 2013. 100 s. (Rus.).
16. SP 11-105-97. Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva. Chast' II. Pravila proizvodstva rabot v rajonah razvitiya opasnykh geologicheskikh i inzhenerno-geologicheskikh processov [Engineering Geological Site Investigations for Construction. Part II. Rules of Work in Regions Where Hazardous Geological and Engineering-Geological Processes Occur]. M.: PNIIS Gosstroya Rossii [PNIIS of Rosstroy], 2000. S. 14–20. (Rus.).
17. *Ter-Stepanjan G.I.* Tipy sostavnykh i slozhnykh opolznej na prirodnykh sklonah [Types of Composite and Complex Landslides on Natural Slopes] // *Problemy geomehaniki* [Problems of the Geomechanics]. Erevan. 1982. № 8. S. 9–22. (Rus.).
18. *Huan Zh.C., Li V.L.* Analiz opasnykh geologicheskikh processov, vyzvannykh Ven'chuan'skim zemletryaseniem 12 maya 2008 goda v Kitae [Analysis of the Geohazards Triggered by the Wenchuan Earthquake] // *Georisk*. 2010. № 1. S. 14–20. (Rus.).
19. *Cruden D., Lan Heng-Xing.* Using the Working Classification of Landslides to Assess the Danger from a Natural Slope // *Engineering Geology for Society and Territory. Vol. 2 Landslide Processes: The Proceedings of the XII International IAEG Congress, Torino .2014.* Springer. 2015. P. 3–12.
20. *Dikau R., Brunsten D., Schrott L., Ibsen M.-L.* Landslide recognition. Wiley, Chichester, U.K., 1996. 251 p.
21. Huang R. Understanding the Mechanism of Large-Scale Landslides // *Engineering Geology for Society and Territory. Vol. 2. Landslide Processes: the Proceedings of the XII International IAEG Congress, Torino 2014.* Springer. 2015. P. 13–32.
22. WP/WLI (International Geotechnical Societies UNESCO Working Party on World Landslide Inventory). Multilingual landslide glossary. Richmond, British Columbia: Bitech Publishers. 1993. P. 5.



[www.geomark.ru](http://www.geomark.ru)



## Журнал «Инженерные изыскания» — лучшая площадка для вашей рекламы!



Если ваша целевая аудитория – профессиональное изыскательское сообщество, руководство изыскательских и проектно-изыскательских компаний, а также проектных институтов нефтегазодобывающей, военной, авиационной отраслей, то мы с удовольствием предоставим вам страницы журнала «Инженерные изыскания» для размещения вашей рекламной информации.

Наши читатели – это тысячи инженеров-изыскателей из всех регионов Российской Федерации и стран СНГ, каждый из которых находит в журнале нужную, актуальную информацию по своей специализации – геологии, геофизике, геодезии, экологии, геотехническому мониторингу. Ваша реклама в соответствующих тематических разделах журнала – гарантия того, что она дойдет до конечного потребителя ваших услуг и продукции.

**Наша задача — сделать вашу рекламную кампанию эффективной!**

**Наша цель — создание партнерских, дружеских отношений  
для развития совместных проектов!**

**Давайте сотрудничать и добиваться успеха вместе!**

107076, г. Москва, Электрозаводская ул., д. 60.

Тел.: +7 (495) 210-63-90.

Крюков Павел

[kpp@geomark.ru](mailto:kpp@geomark.ru), [www.geomark.ru](http://www.geomark.ru)