

Строение и классификация оползней

В. С. Ежов¹, В. С. Хорошилов^{1}*

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
* e-mail: khoroshilovvs@mail.ru

Аннотация. Строительство масштабных проектов в сложных геоморфологических условиях требует все большего внимания к исследованию эндогенных процессов. Одними из наиболее распространенных и опасных геологических процессов являются склоновые процессы (развитие оползней, обвалов, оврагов, лавин). Оползневые процессы способны нанести существенный урон хозяйственной деятельности человека. Для качественной оценки оползневых явлений, включая выявление участков с наибольшей опасностью и ликвидацию их последствий, необходимо изучать строение оползней и механизмы их формирования. В статье рассмотрены понятие оползневого процесса, строение оползней, а также представлены наиболее распространенные варианты классификаций данных процессов.

Ключевые слова: оползневый склон, строение оползня, классификация оползней.

Structure and classification of landslides

V. S. Ezhov¹, V. S. Khoroshilov^{1}*

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: khoroshilovvs@mail.ru

Abstract. The construction of large-scale projects in complex geomorphological conditions requires special attention to the study of endogenous processes. One of the most common and dangerous geological processes are slope processes (the development of landslides, landslides, ravines, avalanches). Landslide processes can cause significant damage to human economic activity. For a qualitative assessment of landslide phenomena, including the identification of areas with the greatest danger and the elimination of their consequences, it is necessary to study the structure of landslides and the mechanisms of their formation. The article discusses the concept of a landslide process, the structure of landslides, and also presents the most common options for classifying these processes.

Keywords: landslide slope, landslide structure, landslide classification

Введение

Оползни являются опасным экзогенным процессом, который не только наносит вред земельным ресурсам и хозяйственной деятельности человека, но и может стать реальной угрозой для жизни и здоровья людей, находящихся поблизости. Передвижение значительных масс породы, вызванных оползнями, могут приводить к тяжелым последствиям и приобретать характер стихийного бедствия. Для лучшего понимания процесса и возможности составления прогноза и предотвращения его протекания, необходимо иметь четкие представления о строении и различных классификациях оползней.

Понятие оползнего процесса

Возникновение оползней происходит ввиду нарушению устойчивости склона различными природными процессами или антропогенной деятельностью. Причиной развития оползневых процессов является преодоление критического значения массы какого-либо слоя породы в пределах склона. Масса породы может быть увеличена посредством водонасыщения (например, в паводок) или антропогенной деятельностью (размещение твердых бытовых отходов, капитальное строительство на опасных склонах и т.д.). Также возможно ослабление прочности склона посредством развития боковой эрозии, вымывания или выветривания, а также сейсмической активности [1].

Оползень – это смещение скользящим движением части горных пород вниз по склону, в большей степени, без потери контакта между взаимодействующими в данный момент породами [2].

Оползневые процессы при передвижении значительной массы породы могут представлять большую опасность и становиться настоящим стихийным бедствием. Они могут стать причиной не только разрушения отдельных техногенных и природных объектов, но и целых населенных пунктов, могут повреждать коммуникационные сооружения: транспортные пути, линии электропередач, трубопроводы, туннели, акведуки, создают опасность при разработке карьеров, эксплуатации дамб, плотин и других инженерных объектов.

Строение оползней

Для более четкого понимания процесса оползнеобразования, нужно определить понятие «склон». Склоном называется наклонный участок поверхности литосферы, формирующийся под действием рельефообразующих процессов [3]. Склон состоит из бровки склона (В), собственно склона (BC), подошвы склона (С) и его подножия (CD) (рис. 1) [3, 4].

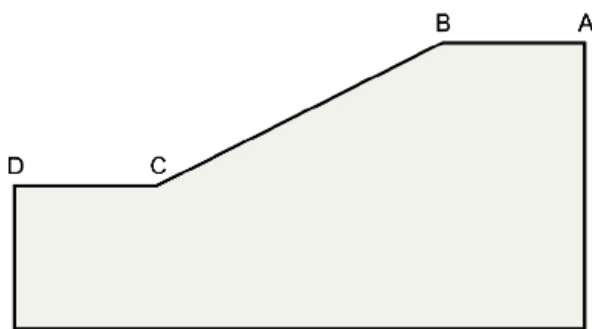


Рис. 1. Схема элементов профиля простого склона

Оползни являются экзогенными геологическими процессами. Оползневый процесс может протекать однократно или происходить неоднократно. В оползне обычно различают: тело оползня, поверхность скольжения, тыловой шов, надоползневый уступ (рис. 2) [2].

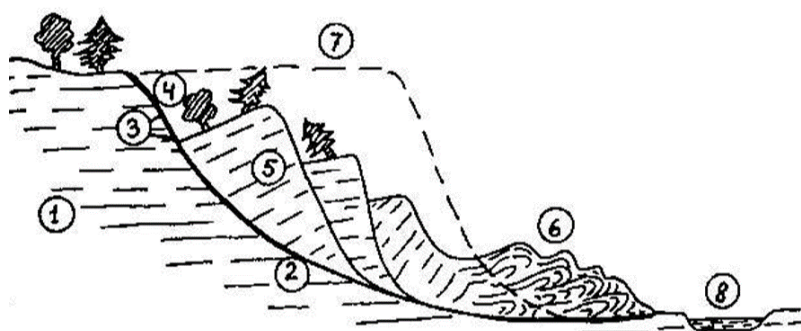


Рис 2. Схема строения оползня

1 – коренные породы ненарушенного склона, 2 – поверхность скольжения, 3 – тыловой шов, 4 –надоползневый уступ, 5 – оползневые тела, 6 – бугор пучения, 7 – первоначальное положение склона, 8 – река.

Возможность развития оползневого процесса обусловлена тем, что грунтовой массив, при сочетании различных факторов, может выйти из состояния равновесия. Устойчивость склона является одной из его основных геотехнических характеристик [3]. Если склон устойчив, то это означает, что он способен на протяжении длительного времени сохранять свой профиль, вид и строение. Чтобы провести оценку устойчивости, склоны можно поделить на следующие группы: склоны обрушения, склоны сноса, склоны накопления и склоны подмыва [5]. Фактор устойчивости склона широко используется в некоторых классификациях, которые будут рассмотрены далее.

Классификации оползней

Оползни имеют особенность быть крайне разнообразными. Систематизация и классификация характера динамики склоновых процессов возможна только в пределах общей зоны мониторинга, так как в разных условиях данные процессы отличаются большим набором физико-геологических свойств [6]. Учитывая этот факт, в различных источниках можно найти множество классификаций данных геологических тел, которые предлагаются с учетом какой-либо характеристики. Следующие классификации представляют наибольший интерес.

В первую очередь следует выделить оползни первого и второго порядка. Оползни первого порядка формируются на склонах, ранее не подверженных оползневой активности. Для оползней же второго порядка характерно, то, что они возникают в зоне уже образовавшихся оползней [7]. Также оползневые процессы имеют свои закономерности развития во времени. Исходя из этих особенностей, была предложена классификация оползней по возрасту, из которой можно сделать вывод, что для молодых и древних оползней характерен разный базис оползания. Выделяют оползни современные и древние [8].

Современные оползни, отвечающие текущему положению базиса эрозии и уровня абразии, по состоянию равновесия масс горных пород, подразделяются на:

– движущиеся (активные), где процесс равновесия продолжается;

– приостановившиеся (временно стабилизовавшиеся), где действие силы, вызывающей нарушение равновесия, временно уравновешено факторами устойчивости;

– остановившиеся (стабилизовавшиеся), где силы, нарушающие равновесие, временно устранились;

– закончившиеся (полностью стабилизовавшиеся), где исчерпано действие силы, вызывающей нарушение равновесия.

Древние оползни, не отвечающие современному положению базиса эрозии и уровню абразии, по состоянию равновесия масс горных пород, делятся на:

– открытые, где оползневое тело выходит на поверхность;

– погребенные, где оползневое тело перекрыто позднейшими отложениями.

Следующий вариант классификации оползней – разделение по характеру движения. Выделяют деляпсивные и детрузивные оползни. Деляпсивные оползни характеризуются тем, что их образование происходит на сравнительно ровной поверхности, путем скольжения массы пород под действием своего веса, при этом базис оползания находится на уровне подошвы или выше нее. Что касается детрузивных оползней, то здесь основным отличием является возможность образования более крупных оползневых тел, возникающих, как правило, в верхней части склона, с располагающимся базисом оползания ниже уровня лежащих впереди пород, выталкивающихся при оползании. Нижняя часть тела оползня, при этом, разрушается [9].

При выделении типов оползней, одним из основных критериев является способ происхождения (генезис), который обуславливается совокупностью процессов и факторов, один или несколько из которых является ведущим (табл. 1) [10].

Таблица 1

Генетическая классификация склонов

Таксономические единицы	Критерий выделения	Содержание
Тип	Ведущий фактор образования	Сейсмогенные, гидрогенные, климатогенные, гидрогеологенные, полигенные
Род	Литологические свойства пород	В псичем меле и мергелях; девонских известняках с прослоями глин; палеогеновых глинах; четвертичных суглинках и т.д.
Вид	Морфологические черты	Цирковидные, фронтальные, глетчеровидные и т.д.

Сходство факторов образования оползней дает основание для выделения следующих основных генетических типов оползней: сейсмогенные, гидрогенные, климатогенные, гидрогеологенные и полигенные.

Во многих работах можно найти и другие типы оползней с учетом различных характеристик. Например, в работе [11] авторы предложили классификацию, в которой выделили следующие типы оползней: оползни выдавливания, скольжения, проседания, выплывания, разжижения и течения. Далее в [12] была предложена классификация, которая имеет некоторые отличия от предыдущей. В новой классификации выделяются оползни сдвига (выдавливания), скольжения, проседания, выплывания, оползни-потоки (течения) и оползни разжижения. В работе [13] выделены оползни выдавливания (детрузивные), соскальзывания (консеквентные), суффозионные, выплывания, потоки и сплывы, разжижения. Оползни скольжения, течения и выдавливания были описаны в [14]. В работе [15] автор предлагает следующую классификацию: оползни сдвига (скольжения блоковые, «собственно оползни»), выдавливания (раздавливания), гидродинамического разрушения (выплывания), вязкопластические (вязкопластического течения, консистентные, грязевые), внезапного разжижения. Оползни соскальзывания, сползания, срезающие, выдавливания (одесского типа), выплывания, блоковые, суффозионные, просадочные, потоки (течения, оползания), норвежского типа были выявлены в [16]. Автором работы [17] выделены следующие виды оползней: оползни скольжения, выдавливания, проседания, выплывания (суффозионные), проседания, течения, оседания, и разжижения. Работа [18] содержит описание трех типов оползней – асеквентных, инсеквентных и консеквентных. В нормативных документах также можно найти некоторые классификации: например, в СП 11-105-97 выделяются оползни сдвига (скольжения), выдавливания, вязкопластические, гидродинамического разрушения и внезапного разжижения [19].

Для эволюции оползневого процесса необходимы факторы и причины его развития. В данном случае причиной является протекание другого процесса во внешней среде или во внутренней (в литосфере). Чаще всего существует несколько таких причин и факторов развития каждого отдельного процесса [20]. Причины оползневого процесса можно разделить на три группы [21].

1. Изменение высоты и формы склона. В эту группу входит срезание склона посредством природной или антропогенной деятельности. В качестве природной деятельности выступает эрозия склона постоянными или временными водотоками, абразивным воздействием водохранилищ и морей. Для антропогенной деятельности характерен искусственный срез склона для инженерно-хозяйственных нужд.

2. Изменение строения, состояния и свойств грунтов, из которых состоит склон. В данную группу объединены процессы, изменяющие свойства грунтов (физические, химические, механические). В частности, физическое и химическое выветривание, воздействие атмосферных осадков и подземных вод, изменяющее влажность грунтов, а также суффозионный и карстовый процессы.

3. Дополнительная нагрузка на склон. К ней относятся сейсмические гидростатические, гидродинамические, а также антропогенное статическое или динамическое воздействия.

Оползневые процессы протекают под воздействием множества факторов. Фактор оползневого процесса – обстоятельство, которое влияет на устойчивость склонов и, следовательно, может способствовать возникновению или повторному смещению оползня. Факторы оползнеобразования можно разделить на две различные группы: группу факторов, которая объединяет условия оползнеобразования (среднюю величину коэффициента устойчивости) и группу факторов, которая объединяет процессы, изменяющие величину коэффициента устойчивости (табл 2) [22].

Таблица 2

Факторы оползнеобразования

Группа факторов по условиям оползнеобразования (средняя величина коэффициента устойчивости)	Группа факторов по процессам, изменяющим величину коэффициента устойчивости	
	<i>Подгруппа факторов, изменяющих состав, строение и свойства горных пород, слагающих склон и влияющих на их устойчивость</i>	<i>Подгруппа факторов, изменяющих напряженное состояние массива горных пород склона</i>
рельеф местности	процессы выветривания;	процессы эрозии и абразии
климатические особенности района	процессы выщелачивания и суффозии	изменение базиса эрозии
геологическое строение склонов и откосов	процессы промерзания и оттаивания грунтов	изменение уровня грунтовых вод
гидрогеологические условия	процессы длительной ползучести грунтов	сейсмическое воздействие
гидрологический режим водоемов и рек для береговых оползневых участков	увлажнение грунтов дождевыми, талыми, подземными и хозяйственными водами	техногенное воздействие, связанное с подрезкой, пригрузкой и изменением профиля склона
особенности физико-механических свойств горных пород		аккумуляция аллювиальных и делювиальных отложений, пригрузка склонов обвальными массами
современные и новейшие тектонические движения и сейсмические явления		
развитие сопутствующих экзогенных геологических процессов и явлений		
инженерная деятельность человека		

Исходя из этого, оползневой процесс формируется в геологической среде, подготавливается группой факторов и происходит под действием силы тяжести.

В качестве признаков, идентифицирующих проявления оползневой процесса наиболее часто используются следующие: оползневые трещины и цирки; плоскости срыва; образующиеся валы у подножия склона; оползневые уступы; несоответствие положения пластов в разрезе склонов; наличие большого числа водопоявлений на склонах; наличие деформаций в сооружениях, находящихся в области влияния оползневой процесса. Данные признаки имеют разный уровень выраженности. Это зависит от степени активности оползня, стадии его развития и возраста [4, 23].

Заключение

В результате исследования, с помощью анализа литературных источников, было дано определение термина «оползень», а также рассмотрели строение простого и оползневой склонов. Далее было подчеркнуто, что фактор устойчивости склона широко используется в различных классификациях оползневой процессов, так как является одним из основных геотехнических характеристик изучаемого процесса.

Оползни отличаются значительным разнообразием. Авторы многих исследований предлагают различные классификации, основанные на полученных данных при изучении оползневой процессов при разных условиях внутри геологической и негеологической (внешней) среды, с учетом какого-либо признака. Например, классификация по возрасту, характеру движения, генетике, факторам оползнеобразования.

Из классификации оползней по возрасту можно сделать вывод, что молодые и древние оползни имеют разный базис оползания. По характеру движения оползни подразделяются на деляпсивные и детрузивные. Сходство причин образования оползневой процессов дает основание для выделения следующих основных генетических типов оползней: сейсмогенных, гидрогеологических, климатогенных, гидрогенных, полигенных. Факторы оползнеобразования можно разделить на две различные группы: группу факторов, которая объединяет условия оползнеобразования (среднюю величину коэффициента устойчивости) и группу факторов, которая объединяет процессы, изменяющие величину коэффициента устойчивости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Короновский, Н. В. Общая геология: учебник / Н. В. Короновский. – Москва: Изд-во МГУ, 2002. – 448 с.
2. Баринев, А. В. Опасные природные процессы: Учебник. / А. В. Баринев, В. А. Седнев, А. Б. Шевчук – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 334 с.
3. Емельянова, Е. П. Основные закономерности оползневой процессов – Москва: Недра, 1972. – 308 с.
4. Бондарик, Г. К. Инженерная геодинамика: учебник / Г. К. Бондарик, В. В. Пендин, Л. А. Яргов. – М.: КДУ, 2007. – 440 с.
5. Маслов, Н. Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов / Н. Н. Маслов. – Москва: Высшая школа, 1982. – 511 с.
6. Р. Кризек. Оползни: исследование и укрепление / пер. с англ. А.А.Варги, Р.Р. Тиздель // под ред. Г.С. Золотарева. 1981. М.: Мир. – 368 с.

7. Богданович, К. И. Железные руды России / К. И. Богданович – Санкт-Петербург: Типография М. М. Стасюлевича, Вас., остр., 5 лин., 28., 1911. – 328 с.
8. Попов, И. В. Инженерная геология / И. В. Попов. – Москва: МГУ, 1952. – 512 с.
9. Павлов, А. П. Оползни Симбирского и Саратовского Поволжья / А. П. Павлов. – Москва: Университетская типография, 1903. – 69 с.
10. Бевз, В. Н. Динамическая геоморфология: оползневые процессы и их региональные особенности / В. Н. Бевз, А. С. Горбунов – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2015. – 43 с.
11. Гулакян, К. А. Классификация оползней по механизму их развития / К. А. Гулакян, В. В. Кюнтцель // Вопр. изуч. Оползней и факторов, их вызывающих // Тр. ВСЕГИНГЕО. – Выпуск 29. – 1970. – С. 58-64.
12. Инженерная геодинамика: Учебное Пособие / А. Г. Григоренко, В. В. Кюнтцель, В. Е. Новак, З. П. Тамутис. – Киев: Лыбидь, 1992. – 296 с.
13. Золотарев Г.С. Инженерная геодинамика [Книга]. - Москва: МГУ, 1983. - стр. 328.
14. Варнес, Д. Движение склонов, типы и процессы. Оползни, исследование и укрепление – Москва: Мир, 1981. – 85 с.
15. Тихвинский, И. О. Оценка и прогноз устойчивость оползневых склонов / И. О. Тихвинский. – Москва: Наука, 1988. – 144 с.
16. Рзаева, М.К. Об инженерно-геологических типах оползней // Инженерные изыскания для строительства, 1969. Сер. 2. № 1. С. 79-86.
17. Петров, Н. Ф. Оползневые системы. Простые оползни (аспекты классификации) / Н. Ф. Петров. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 226 с.
18. Саваренский Ф.П. Опыт построения классификации оползней // Тр. I Всесоюз. оползневое совещания. Л.; Москва: ОНТИ, 1935. – С. 29-37.
19. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200000255/> – Заглавие с экрана.
20. Бондарик, Г. К. Общая теория инженерной (физической) геологии – Москва: Недра, 1981. – 256 с.
21. Пендин, В. В. Методология оценки и прогноза оползневой опасности / В. В. Пендин, И. К. Фоменко. – Москва: ЛЕНАНД, 2015. – 316 с.
22. Емельянова, Е. П. Сравнительный метод оценки устойчивости склонов и прогноза оползней – Москва: Недра, 1971. – 103 с.
23. Инженерная геология России. Т. 2. Инженерная геодинамика территории России / под ред. В. Т. Трофимова и Э. В. Калинина / В. Т. Трофимов, Э. В. Калинин, Ю. К. Васильчук, О. В. Зеркаль и др. Издательский дом КДУ Москва, 2013. – 816 с.

© В. С. Ежов, В. С. Хорошилов, 2022