

УДК 551.435.627(575.2)
DOI: 10.36979/1694-500X-2022-22-12-142-154

КЛАССИФИКАЦИЯ ОПОЛЗНЕЙ И ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Б.Э. Ажикеев, У.М. Шамырканов, И.А. Торгоев

Аннотация. Рассмотрены вопросы классификации оползней, отражающей, с одной стороны, сложность и многофакторность оползневых процессов, с другой – состояние развития науки об оползнях на данном этапе, которое показывает, что накопление информации все еще продолжается, а соответствующих теоретических обобщений пока недостаточно по результатам исследования оползнеопасных объектов Кыргызстана. Из всего накопленного материала, включая международный опыт и опыт отечественных исследователей в области изучения оползневых процессов и явлений, выделены наиболее подходящие подходы к изучению самого процесса, а также применения различных видов классификаций. В настоящий момент в Кыргызстане наибольшее распространение получили классификации оползней, основанные на механизме развития процесса. Приведены результаты статистического анализа по количеству оползней различных типов.

Ключевые слова: оползневые процессы; обвалы; классификация; явления; исследования; типизация.

КЫРГЫЗСТАНДАГЫ ЖЕР КӨЧКҮЛӨРДҮН ЖАНА ЖЕР КӨЧКҮ ПРОЦЕССТЕРИНИН КЛАССИФИКАЦИЯСЫ

Б.Э. Ажикеев, У.М. Шамырканов, И.А. Торгоев

Аннотация. Макалада бир жагынан жер көчкү процесстеринин татаалдыгын жана көп факторлуу экендигин чагылдырган жер көчкүлөрдү классификациялоо маселелери каралды, экинчи жагынан жер көчкү жөнүндө илимдин ушул этаптагы өнүгүү абалы, бул маалымат топтоо дагы эле уланып жатканын көрсөтүп турат, ал эми Кыргызстандын жер көчкү коркунучу бар объекттерин изилдөөнүн жыйынтыгы боюнча тиешелүү теориялык жалпылоолор азырынча жетишсиз. Топтолгон материалдардын ичинен эл аралык тажрыйбаны жана жер көчкү процесстерин жана кубулуштарды изилдөө жаатындагы ата мекендик изилдөөчүлөрдүн тажрыйбасын кошкондо, процесстин өзүн изилдөөгө, ошондой эле классификациянын ар кандай түрлөрүн колдонууга эң ылайыктуу ыкмалар бөлүнүп көрсөтүлгөн. Азыркы учурда Кыргызстанда процесстин өнүгүү механизми боюнча жер көчкүлөрдүн классификациялары эң кеңири колдонулат. Ар кандай түрдөгү жер көчкүлөрдүн саны боюнча статистикалык талдоо жүргүзүүнүн натыйжалары келтирилген.

Түйүндүү сөздөр: жер көчкү процесси; урап түшүү; классификация; кубулуштар; изилдөө; типтештирүү.

CLASSIFICATION OF LANDSLIDES AND LANDSLIDE PROCESSES IN KYRGYZSTAN

B.E. Azhikeev, U.M. Shamyrganov, I.A. Torgoev

Abstract. The article discusses the classification of landslides, reflecting on the one hand, the complexity and multifactorial nature of landslide processes, and on the other hand, the state of development of landslide science at this stage of the development of landslide science, which shows that the accumulation of information is still ongoing, and the relevant theoretical generalizations are still insufficient based on the results of the study landslide-prone objects of Kyrgyzstan. From all the accumulated material, including international experience and the experience of domestic researchers in the field of studying landslide processes and phenomena, the most suitable approaches to the study of the process itself and the application of various types of classifications are highlighted. Currently, landslide classifications

based on the mechanism of development of the process have become the most widespread in Kyrgyzstan. The article also provides a statistical analysis of the number of landslides of various types.

Keywords: landslide processes; landslides; classification; phenomena; research; typification.

Введение. Оползни весьма многообразны по своим размерам, строению, механизму и динамике процесса, причинам образования и условиям, способствующим их возникновению и развитию. Соответственно и классификаций оползней предложено довольно много.

Наиболее известные классификации разработаны Е.П. Емельяновой [1], А.П. Павловым, К. И. Богдановичем, Ф.П. Саваренским, И. В. Поповым, Н.Н. Масловым, Г.Л. Фисенко, М.К. Рзаевой [2], К.А. Гулакяном и В.В. Кюнтцелем [3], А.И. Шеко [4], И.О. Тихвинским [5], Г.С. Золотаревым [6, 7]. В западных странах наиболее популярны классификации оползней К. Терцаги, С. Шарпа, Д. Варнеса [3, 8].

Всего к настоящему времени разработано более 100 классификаций оползней. Некоторые из них более детальные, учитывающие несколько характерных признаков, другие менее детальные и построены на учёте одного или малого числа признаков. Столь большое число классификаций оползней отражает, с одной стороны, сложность и многофакторность оползневых процессов, а с другой – состояние развития науки об оползнях, которое показывает, что накопление информации продолжается, а соответствующих теоретических обобщений пока недостаточно [4].

Главнейшие признаки для описания и классификаций оползней были предложены Ф.П. Саваренским, И.В. Поповым и В.А. Приклонским [2]. Западные учёные Б.А. Болт, У.Л. Хорн, Г.А. Макдональд и Р.Ф. Скот в качестве базиса классификации предложили использовать: материал формирования оползня, скорость развития оползневого процесса, величину смещения оползневых масс и механизм развития оползневого процесса [3].

Г.С. Золотарев [6] выделяет следующие признаки для инженерно-геологического классифицирования склонов: стратиграфо-литологический, генетический, по возрасту формирования, по степени обводненности, по высоте, по морфологии, по стадии развития склона. Отметим, что эти признаки и сама классификация дают возможность для обоснования перечня признаков для классификации оползней на различных склонах.

В настоящий момент, как в Кыргызстане, так и за его пределами наибольшее распространение получили классификации оползней, основанные на механизме развития процесса.

Под механизмом оползневого процесса Е.П. Емельянова имеет в виду модель деформирования-разрушения склона: последовательность или совокупность промежуточных состояний и элементарных процессов взаимодействия отдельных частей оползня и неподвижного ложа, посредством которых оползень переходит из одного состояния в другое и тем самым осуществляется протекание оползневого процесса [1].

Г.И. Тер-Степанян [2] считает, что важнейшими элементами этого механизма являются напряжения, деформации и время. Однако учитывая, что напряженное состояние склонов трудно поддается реальной оценке, он рекомендует в основу механизма положить изучение кинематики процесса, т. е. движение отдельных элементов, слагающих оползень.

Результаты. В рамках настоящего исследования невозможно привести и проанализировать все разработанные классификации, поэтому остановимся на тех, которые, с нашей точки зрения, наиболее полно отвечают специфике оползневых процессов в горах Тянь-Шаня и имеют практическое значение.

Тип материала. По типу оползающего материала различают «оползни скальных пород», «оползни почвы и грунтов» и «оползни смешанного типа».

В англоязычной литературе под оползнями смешанного типа понимают так называемые оползни обломочного материала (debris flow), под которыми подразумевают любое скопление на поверхности склона рыхлого материала, в том числе обломков пород, грунта и иногда органического вещества,

отторгнутых от коренных масс химическим или механическим способом. Например, путем выветривания, разложения или дезинтеграции.

По существу, к данному классу относятся оползни в делювиально-элювиальных покровных образованиях.

Тип движения. По типу смещения (движения) оползающих масс выделяют (рисунок 1): «оползни сдвига-скольжения» (вращательного или поступательного); «оползни-течения» (оползни-потоки) и «сложные оползни», представляющие комбинацию этих двух типов движения. Особенности каждого из этих типов оползней подробно рассмотрены ниже.

Скорость смещения оползневых масс, в зависимости от геоморфологических характеристик склона (крутизны, высоты, длины), может быть различной. По этому параметру Д. Варнес [8] предложил подразделять оползни на шесть классов (таблица 1): от первого класса для очень медленных движений (0,5 м/год) до шестого класса – для экстремально быстрых движений (3 м/с). Следует иметь в виду, что на практике в условиях чрезвычайных ситуаций процедура оценки скорости движения оползневой массы связана с высоким уровнем неопределённости, то есть часто скорость определяется приблизительно.

Объемы отдельных оползней обычно колеблются от нескольких кубических метров до нескольких кубических километров. В Кыргызстане обычно берутся на учет оползни объемом не менее 1000 м³, т. е. среднего и более высоких энергетических классов. Дело в том, что количество мелких и небольших оползней ($V \approx n \cdot 10^2 \text{ м}^3$) в горных районах страны превышает несколько десятков тысяч, что существенно затрудняет их картографирование, учет и систематизацию.

Размеры оползней. В настоящее время во всём мире предложено достаточно много классификаций оползней по их размерам и поэтому пока нет общепринятой градации. С учётом масштабов оползней, имевших место в историческое время на территории Кыргызстана, и в соответствии со СНиП 22-01-95 предлагается следующая классификация оползней по их объёмам (таблица 2).

На рисунке 2 приведено распределение оползней в бассейне р. Майлы-Суу по их объёмам и подразделением на энергетические классы. Как видно из данных таблицы, 45,1 % оползней относится к классу средних, 33,4 % – к классу больших, 16,8 % – к классу очень больших и 4,6 % – к классу огромных и грандиозных. В итоге свыше половины всех оползней (54,9 %) относятся к классу больших, очень больших и огромных, т. е. к опасным, весьма и чрезвычайно опасным, что является закономерным отражением высокой потенциальной гравитационной энергии горного рельефа Кыргызстана.

В зависимости от глубины расположения поверхности скольжения смещаться могут либо только самые поверхностные отложения, например, почвенный покров, делювиальные или делювиально-элювиальные образования, либо (при глубоком её залегании) большие массы горных пород [9]. В соответствии с этим предлагается различать оползни поверхностные, мелкие, средние, глубокие и очень глубокие (таблица 3).

На территории Кыргызстана в настоящее время выявлено дистанционными методами (аэро- и космосъёмка) около 5000 оползней [10, 11], из которых около половины изучено и описано в процессе наземных обследований. В результате классификации и систематизации, обследованных и изученных оползней установлено, что почти половина (49 %) оползней являются поверхностными с глубиной захвата до 3 м, а другая половина (51 %) – глубокими.

Возраст и стадия развития оползней. При рассмотрении закономерностей развития оползней, как процессов и явлений, связанных с историей геологического развития данного района или региона, следует в первую очередь отличать оползни современные от древних. В соответствии с этим, И.В. Поповым была предложена очень важная принципиальная схема [12], отражающая общие закономерности динамики развития оползней (таблица 4), причём к древним он относит плейстоценовые, плиоценовые, миоценовые оползни, а к современным – голоценовые, которые уже остановились или еще действуют.

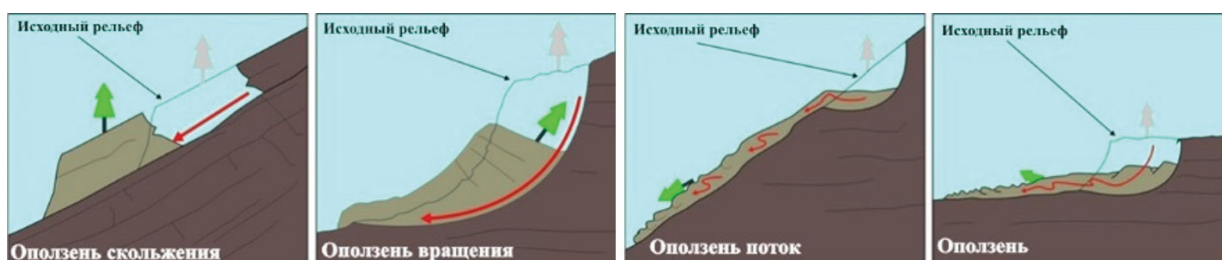


Рисунок 1 – Разновидности оползней по типу смещения

Таблица 1 – Классификация оползней по скорости смещения [8]

Класс скорости	Описание характера смещения	Порог скорости	Тип движения, оползня	Воздействие на здания, объекты инфраструктуры	Воздействие на население
1	Очень медленные	0,5 м/год	Крип (ползучесть)	Не вызывают повреждения объектов	Нет
2	Медленные	1.5 м/год	Глубокие оползни вращения	Объекты могут эксплуатироваться, если смещение оползня продолжается не слишком долго	Нет
3	Умеренные	1.5 м/месяц	Оползни вращения	Устойчивые объекты могут эксплуатироваться, если они расположены на небольшом расстоянии от языка оползня; сильно повреждаются объекты, расположенные в пределах смещённого материала	Косвенный ущерб
4	Быстрые	1.5 м/час	Оползни скольжения и вращения	Объекты и имущество разрушаются перемещаемой массой	Возможны спасение и эвакуация людей
5	Очень быстрые	0.3 м/мин	Оползни-потоки, скольжения, сели	Имеют место значительное разрушение объектов	Имеют место человеческие жертвы
6	Экстремально быстрые	3 м/с	Обвалы, камнепады, сели	Катастрофа: полное разрушение объектов	Гибель населения

Таблица 2 – Классификация оползней по объёмам

№	Классы оползней	Объёмы, м ³
1	Мелкие	Десятки и менее
2	Небольшие	Сотни
3	Средние	Тысячи
4	Большие	Десятки тысяч
5	Очень большие	Сотни тысяч
6	Огромные	Миллионы
7	Грандиозные	Десятки, сотни миллионов и более



Рисунок 2 – Гистограмма распределения оползней бассейна р. Майлы-Суу по объёмам

Таблица 3 – Глубина захвата пород оползневыми деформациями

Оползни	Глубина расположения (захвата) поверхности скольжения, h (м)
Поверхностные	$h \leq 3.0$
Мелкие	3.5 – 5.0
Средние	5–10
Глубокие	10–15
Очень глубокие	$h > 15$

Таблица 4 – Схема подразделения оползней по возрасту

Возраст оползней	Стадия развития оползней	Состояние равновесия масс горных пород
Современные , отвечающие современному положению базиса эрозии и уровня абразии	Движущиеся (активные)	Процесс установления равновесия продолжается.
	Приостановившиеся (временно стабилизировавшиеся)	Действие силы, вызывающей нарушение равновесия, временно уравновешено факторами устойчивости
	Остановившиеся (стабилизировавшиеся)	Силы, нарушающие равновесие, временно устранились
	Закончившиеся (полностью стабилизировавшиеся)	Действие силы, вызывающей нарушение равновесия, исчерпано
Древние , не отвечающие современному положению базиса эрозии и уровня абразии	Открытые	Оползневое тело выходит на поверхность
	Погребённые	Оползневое тело перекрыто позднейшими отложениями

К.И. Богданович выделял оползни первого порядка, захватывающие ранее не смещавшиеся породы, и оползни второго порядка, возникающие в теле ранее образовавшихся оползней.

Строение оползней. В 1935 г. Ф.П. Саваренский создаёт первую классификацию оползней, основанную на ориентировке поверхности скольжения относительно условий залегания коренных пород. По этой классификации оползни подразделяются на «асеквентные», «консеквентные» и «инсеквентные». Асеквентные оползни формируются в однородных неслоистых породах (глинах, суглинках, супесях и др.). Поверхность скольжения в таких породах вогнутая (рисунок 3, а), имеет форму, близкую к круглоцилиндрической, она обусловлена физико-механическими свойствами пород.

Консеквентные оползни (соскальзывающие) образуются в неоднородных и трещиноватых породах, в которых поверхность скольжения расположена по напластованию (рисунок 3, б); инсеквентные – в которых поверхность скольжения режет поверхность напластования коренных пород (рисунок 3, в).

Инсеквентные оползни (срезающие) образуются также в породах неоднородных, слоистых, залегающих горизонтально или наклонно в сторону склона. Поверхность скольжения у таких оползней режет поверхность напластования коренных пород (рисунок 3, б).

В классификации А.П. Павлова все оползни делятся на «детрузивные» (толкающие), возникающие в верхней части склона и толкающие вниз оползневые массы, и «деляпсивные» (соскальзывающие), возникающие в нижней части склона при его подрезке и растущие вверх по склону, формируя новые циклы.

Анализ общих классификаций показывает основной принцип разделения оползневых явлений – по характеру перемещения оползневых масс разного состава и состояния по устойчивому массиву горных пород разных условий залегания.

В практике западных стран особое значение имеет классификация оползней, разработанная в 1958 г. Д. Варнесом [8, таблица 1.6]. В основу этой классификации заложены механизмы движений и особенность реализации данного механизма в различных горных породах. Другие атрибуты обычно используются для характеристики скорости движения, степени внутренней нарушенности, активности и степени увлажнения. Классификация, разработанная Д. Варнесом, развивается уже более 40 лет (с 1978 г.) и наиболее широко используется в Северной Америке и других зарубежных странах.

В классификации американских специалистов заложены критерии (признаки) рассмотренных выше общих классификаций. Тип движения и вид горных пород лежат в основе классификаций Н.Н. Маслова и Г.С. Золотарева [13]. Во всех общих классификациях выделяются три типа движения: обвал, скольжение, течение. Оползни во многих классификациях отвечают скольжению и течению. Обвал представляет собой отрыв (отделение) и падение больших масс горных пород на крутых и обрывистых склонах гор, речных долин. Обвалы происходят в результате ослабления связности (цельности) горных пород, главным образом под влиянием процессов выветривания, деятельности поверхностных и подземных вод. К основным видам обвальных явлений относятся: вывалы, камнепады, скальные осыпи, а также комбинированные оползни-обвалы.

Следует отметить, что используемые в странах СНГ классификации оползней (Шеко, Золотарева, Емельяновой, Федоренко) отличаются от классификации, принятой в англоязычной литературе, причём обе классификации оползней зачастую весьма противоречивы.

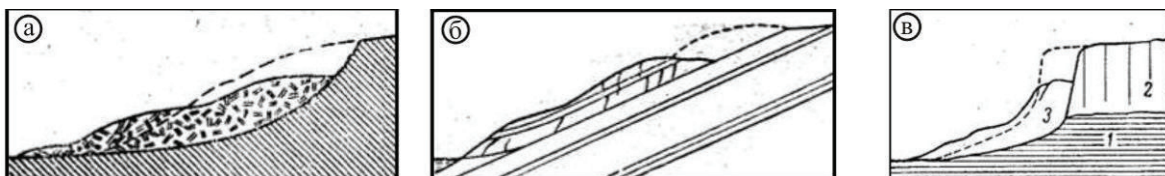


Рисунок 3 – Схемы строения асеквентных (а), консеквентных (б) и инсеквентных (в) оползней

Оползни представляют собой достаточно сложный компонент геологической среды таких горно-складчатых регионов, как Тянь-Шань. Их возникновение, развитие и затухание зависят от большого количества природных и техногенных факторов (многофакторный процесс), и поэтому, как отмечалось выше, они могут быть классифицированы и систематизированы по большому количеству разнообразных информативных признаков. В соответствии с современными представлениями и с учётом горно-геологических особенностей территории Тянь-Шаня, всё известное множество оползней можно подразделить на три основных типа:

Первый тип – оползни скольжения (сдвига), которые представляют собой отрыв и последующее соскальзывание отчленённого массива пород по определённой поверхности смещения (рисунок 4). Ряд перечисленных выше авторов называют подобные смещения оползнями скольжения, однако термин «сдвиг» точнее отражает механизм деформирования при рассматриваемых оползнях, так как «сдвиг» подразумевает не только скольжение, но и происходящее перед этим отчленение оползневого тела.

Типизация оползней Кыргызстана по характеру движения. Оползни сдвига-скольжения образуются в результате совокупного действия атмосферных осадков и подземных вод. Преобладающим силовым фактором для оползней этого типа являются сдвигающие силы на наклонной границе (поверхности сдвига). Деформирование природного склона или техногенного откоса может происходить в виде прогрессирующего сдвига с падением сопротивления по мере деформирования, снижением прочности от пикового значения до остаточного и постепенным формированием поверхности скольжения.

На крутых склонах сдвиг и скольжение оползающей массы пород или грунтов часто происходит по вогнутой поверхности скольжения, с квазивращательным движением вокруг оси параллельной поверхности склона (рисунок 5, а). В англоязычной литературе подобные смещения масс называют оползнями вращения (*rotational landslide*). Оползни вращения в лёссовидных суглинках характеризуются очень быстрым обвалоподобным движением, скорость которого может достигать нескольких метров в секунду. Чаще всего такие оползни представляют собой комбинацию вращательного скольжения и сухого течения, что проявляется в весьма протяженной зоне транзита оползневых масс. Большая дальность распространения лёссовых оползней в Кыргызстане связана с особенностями сложного горного рельефа: при сходе оползня масса лёссов или лёссовидных суглинков с большой силой ударяется о противоположный борт долины, рассыпается и дальше распространяется по руслу (талвегу) как поток сухого течения. Глубокие оползни вращения особенно опасны из-за их большой разрушающей силы и внезапного схода после продолжительного периода дестабилизации массива, который начинается с появления трещин, субпараллельных верхней кромке склона.

К оползням скольжения, а именно к оползням-блокам относят оползневые смещения, которые происходят не по одной цилиндрической (вогнутой) поверхности смещения, а по нескольким. Такие оползни развиваются, как правило, на склонах выпуклой и прямолинейной формы и в большинстве случаев в их формировании решающую роль играют подземные воды.

Большую группу в классификации оползней составляют оползни, представляющие собой смещение вниз по склону горных пород по поверхности скольжения, которая в общих чертах параллельна общей поверхности склона (рисунок 5, б). Поверхности скольжения могут быть приурочены к границам раздела грунтов-скальных пород, и /или водоупорам. В англоязычной литературе подобные гравитационные смещения масс горных пород называют поступательными оползнями (*translational landslide*). Термин включает оползни следующих видов: скальные, блочные, обломочные, грунтовые, оползание пластов или плит.

К часто встречающейся форме оползневых смещений в горных районах относится сдвиг почвенно-растительного покрова, выявляющийся по серии относительно коротких трещин. Медленная ползучесть (крип) приповерхностного слоя может наблюдаться на горных склонах с крутым падением пластов прочных пород. К оползням скольжения относят ступенчатые и контактные оползни, а также оползни-выдавливания.

Материал Тип смещения	Скальные породы	Обломочные породы	Рыхлые грунты
Обвалы	Обвал	Осыпь	Обвал грунта
Опрокидывание	Опрокидывание скальных блоков	Опрокидывание обломков	Коллювий Трещины Опрокидывание грунта
Оползни	Оползень вращения	Блоковый оползень вращения	Многоступенчатый оползень вращения
	Соскальзывание	Соскальзывание обломков	Соскальзывание грунта
Растекание выдавливание		Оползень выдавливания	Растекание грунта
Потоки	Солифлюкционные потоки	Потоки обломков	Оползень-поток грунтов
		Оползень-блок с обломками	Оползень вращения-сдвиг

Рисунок 4 – Классификация оползневых процессов по Д. Варнесу [8]

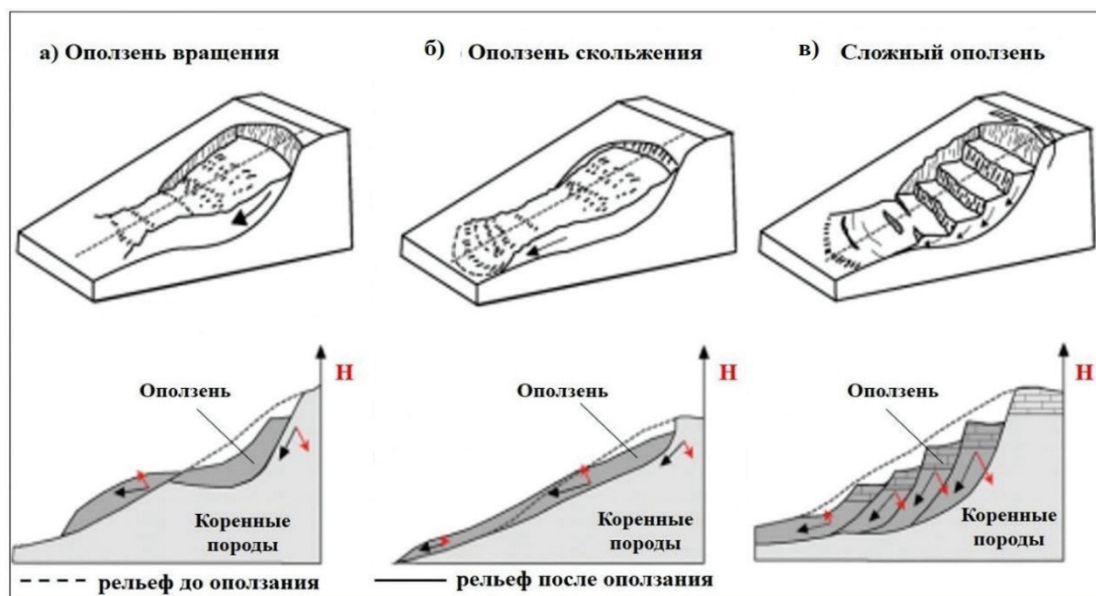


Рисунок 5 – Типичные оползни скольжения:
 а – с вогнутой (цилиндрической) плоскостью скольжения (оползень вращения);
 б – с плоской поверхностью скольжения (оползень поступательного скольжения);
 в – сложный оползень; Н – высота склона

Второй тип – это оползни течения. Оползни-течения формируются в результате быстрого перенасыщения грунта атмосферными осадками. Они проявляются на склонах различной крутизны и очертаний. Вся смещающаяся толща находится в двухфазном состоянии (грунт + вода) и движется как вязкая масса. Поверхность скольжения обычно сглаженная, отдельные частицы движутся внутри тела беспорядочно. К оползням-течениям относят: оползни-потоки, поверхностные спливы и оплывины. Подобные оползни близки между собой по особенностям развития и различаются в основном по морфологическим параметрам.

Оползни-потоки – это преимущественно крупные смещения грунтов (лёссовых пород), образующиеся в результате насыщения пород подземными водами, на склонах крутизной 18–36°. Поверхность смещения оползней-потоков в большинстве случаев приурочена к месту выклинивания подземных вод, где в условиях нарастающего порового давления воды происходит разрушение структурных связей между частицами грунта, который приобретает характер вязкой жидкости. Оползни-потоки, как правило, приурочены к ложбинообразным понижениям (рисунок 5), вытянуты по уклону рельефа вдоль саев (русел ручьёв и рек). Глубина захвата пород смещением чаще совпадает с мощностью суглинистых пород и изменяется от 5 до 40 м. При смещении пород в рельефе образуются вертикальные стенки срыва высотой от 7–17 до 50 м дугообразной формы, ширина оползней-потоков изменяется от 40 до 400 м, а протяженность – от 70 до 2 000 м. Форма оползней в плане глетчеровидная [14].

Для оползней этого типа характерно медленное смещение пород в начальной стадии развития, сопровождающееся образованием многочисленных трещин отрыва в пределах склона. В отдельных случаях эта стадия четко не фиксируется, поэтому предсказать время вероятного развития оползней-потоков очень трудно. В конечной стадии развития оползневое смещение проявляется катастрофически быстро и по характеру движения напоминает течение вязкой грунтовой массы, содержащей большое количество неразрушенных сухих суглинистых глыб различной величины. Отдельные оползни-потоки, смещаясь по склону, достигают дна сая и перекрывают его (рисунок 6), а при наличии в сая поверхностных водотоков образуют временные запруды.

Оползни-потоки составляют две трети от общего числа всех обследованных оползней на территории Кыргызстана. К числу наиболее катастрофических оползней этого типа, вызвавших гибель людей, относятся следующие: Калдарбай (1973), Сары-Булак (Кок-Жангак, 1976), Кайнар-Булак (1988), Алтынкурёк (1988), Кум-Шоро (1988), Жалгыз-Алча (1991), Кара-Таш (1993) Тосой (1994), Комсомол (1994), Кара-Сөгёт (2003), Кайнама (2004), Райкомол (1994, 2009).

Спливы – это оползневые смещения, образующиеся на крутых горных склонах, сложенных суглинками, в результате переувлажнения верхней части грунтов водами атмосферными осадками,

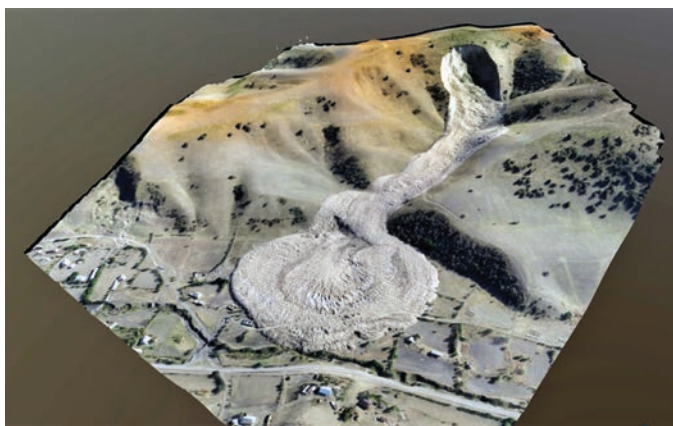


Рисунок 6 – Оползень-поток, возникший в с. Алмалуу-Булак 27 апреля 2016 г., в нижней части отчётливо проявляется растекание суглинков в долине (натёчные формы). Фото с дрона Р. Бейлинга

и характеризующиеся небольшой глубиной захвата пород (до 1 м) и незначительной площадью развития. Они развиваются единично или группами до 3–4 оползней, обычно на склонах крутизной 26–36° и более [15]. В большинстве случаев при сплывах смещается верхний измененный почвообразовательными процессами слой суглинков.

Смещение пород происходит сравнительно быстро, причем оползневое тело после отрыва не сохраняется, а будучи в водонасыщенном состоянии, легко и быстро размывается дождевыми струями. Головная часть поверхностных сплывов чаще всего пологая, выражена нечетко, и в местах, где происходит смещение суглинков, часто наблюдается небольшой обрывистый уступ высотой 0,2–0,3 м. Объем смещающихся масс обычно составляет 10÷15 м³, реже – 400÷600 м³. Форма в плане полукруглая, полуэллипсоидальная, параболическая.

Опльвины представляют собой самостоятельное образование, несколько отличное от оползней. По существу, это смещение налитанного водой грунта, но смещение происходит в несколько других условиях. На более или менее крутых склонах, покрытых тонкозернистыми лессовидными суглинками, обладающими большой влагоемкостью и плохой проницаемостью для воды, можно видеть такое явление: после снеготаяния или после обложных дождей толща напитывается водой до такой степени, что превращается в тестообразную массу и под действием собственной тяжести начинает сползать (стекать, оплывать) вниз.

Опльвины возникают в толще суглинков до глубины 2–3 м, насыщенных атмосферными осадками, реже – подземными водами. Опльвины проявляются единично, иногда группами по 2–3 оползня на склонах крутизной от 20–30° до 60°.

Опльвины располагаются в верхних участках склонов и имеют пологую стенку срыва высотой от 0,5 до 1,0–1,5 м дугообразной формы. Объем смещающихся масс изменяется от единиц до сотен, реже тысяч кубических метров; форма в плане полуэллипсоидальная, грушевидная.

Поверхностные оползни, прежде всего сплывы и опльвины, являются наиболее частыми видами смещений на оползнеопасных склонах в Кыргызстане, в первую очередь в предгорьях Ферганской долины. В результате обследования и изучения поверхностных оползней установлено, что наибольшее число поверхностных оползней отмечается на участках, где более пологий склон в его верхней и/или средней части сменяется более крутым падением.

По мнению Х.В. Ибатулина [15], подобная закономерность обусловлена следующим обстоятельством: пологий склон замачивается и увлажняется атмосферными осадками больше, чем крутой за счёт того, что на крутом участке склона большая часть поверхностных вод быстрее стекает, тем самым меньше проникая вглубь толщи покровных отложений. Более увлажнённая зона полого участка склона на изгибе в крутое падение приобретает текучее состояние, в результате чего образуются оползни мощностью до 3-х метров, при средней мощности – 1,0–1,5 м. Массовая активизация поверхностных оползней отмечается весной в многоводные годы (1969, 1988, 1993, 2003 гг.), что закономерно связано с повышенным количеством атмосферных осадков в этот период года.

К оползням течения относятся и так называемые **оползни разжижения**.

Механизм формирования оползней разжижения характерен для дисперсных (рыхлых) грунтов, обладающих слабыми структурными связями и малой фильтрационной способностью. В горах Тянь-Шаня к подобным грунтам в первую очередь относятся водонасыщенные суглинки, песчано-глинистые грунты различного возраста, потерявшие прочность в результате разуплотнения, выветривания и гидратации.

Под разжижением понимается явление полной или частичной потери грунтом несущей способности под влиянием динамической (например, сейсмической) нагрузки и переход его в текучее состояние, возникающее в результате разрушения структуры грунта. Основным механизмом разжижения, рассматриваемый в механике грунтов как фильтрационное деформирование грунта – это увеличение порового давления (давления воды в порах грунта) и как следствие, уменьшение эффективных напряжений.

В водонасыщенном массиве грунтов поровая вода (флюиды) в той или иной мере может оказывать на минеральный скелет взвешивающее воздействие и фильтрационное давление разной направленности, вызываемое фильтрационными объёмными силами.

Разжижение грунта может произойти во время землетрясения, потому что при прохождении сейсмической волны частицы грунта начинают колебаться с разными скоростями и часть контактов между ними разрывается, в результате грунт может стать на время водой с взвешенными в ней песчинками. Вода стремится отжаться, но прежде чем грунт вернётся к первоначальному состоянию, сильно обводнённые склоны могут быть разрушены. В качестве динамического воздействия при возникновении несейсмогенных оползней разжижения могут выступать массовые взрывы на карьерах, вибрационные нагрузки от движущегося автомобильного и железнодорожного транспорта, высоковольтных крупногабаритных трансформаторов (Кок-Янбак) и т. п.

Оползни внезапного разжижения характеризуются разжижением слабо уплотнённых глинистых пород, очень быстрым смещением и большой дальностью распространения оползающей массы по уклону рельефа. Причинами разжижения могут быть как сейсмогенные, так и несейсмогенные динамические воздействия или нагрузки.

К сейсмогенным оползням разжижения относятся оползни с разжижением обводнённых песчаных и песчано-глинистых пород, возникающие во время сильных землетрясений на территории Тянь-Шаня и Гиндукуша [16, 17].

Опасность оползней, вызываемых землетрясениями, заключается во внезапности их возникновения, когда одновременно в различных местах они могут образовываться на обширной территории Тянь-Шаня. Подобные «внезапные» оползни являются причиной катастроф с большим числом человеческих жертв и значительным экономическим ущербом.

Третий тип – это оползни сложного и комбинированного типов (оползни *блок-потоки*), которые развиваются в верхней головной части как оползни скольжения, а в нижней языковой – как оползни течения [4].

В верхней – структурной, или глыбовой части, частично сохраняется первоначальное строение массива пород. В рельефе оползневые блоки располагаются ступенчато, поверхность ступеней наклонена к стенке отрыва (рисунок 7), и иногда заболочена вдоль контакта отдельных глыб. Нижняя – разрушенная часть представлена сильно перемятыми породами, в её рельефе выделяются бугры пучения, чередующиеся с часто заболоченными западинами.

Оползни *блок-потоки* развиваются на склонах крутизной 20–30° и более. Смещение блоков происходит, как правило, по обводненным коренным породам, которые нередко сами бывают затронуты смещением. По мере опускания ступени разрушаются, и в нижней части оползневого тела образуется язык в виде бугра выпирания часто в виде разжиженной тестообразной массы мощностью до 10 м.

Глубина захвата зарегистрированных оползней этого типа в Кыргызстане изменяется от 2–3 до 20–30 м и чаще равна 10–15 м, высота стенки их срыва меньше глубины захвата.

Тело сложных оползней имеет мелкобугристую поверхность, представлено смятой массой грунта, увлажненной с поверхности мочажинами; в большинстве случаев на телах крупных оползней формируются сезонные оползни второго, третьего порядков, причем тип их может быть самым различным – поверхностные сплывы, оплывины, оползни-потоки, оползни-обвалы. Большинство оползней комбинированного типа имеют сложную форму, как в плане, так и в разрезе.

Таким образом, с практической точки зрения, вопрос о максимальном и среднем объеме оползней различного типа имеет большое значение. В таблице 6 приведено сопоставление объемов типичных оползней юга Кыргызстана. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что оплывины имеют средний объем в 5,4 тыс. м³, сплывы – 19,4 тыс. м³, а их доля в общем количестве оползней района составляет 45,4 %.

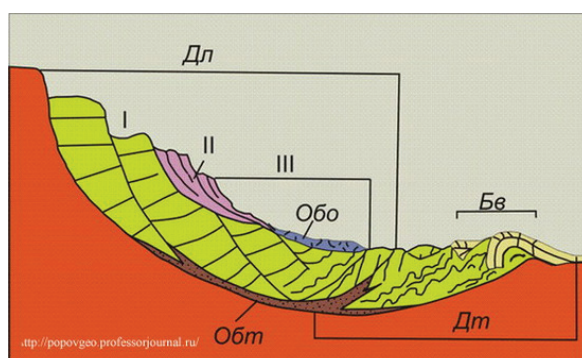


Рисунок 7 – Схема строения оползня блок-потока (по Е.В. Шанцеру):

Дл – деляпсивная часть оползня; Дт – детрузивная часть оползня; Бв – бугор выпирания; Обт – оползневые брекчии трения; Обо – отложенные оползневые брекчии поточного типа.
 I – крупноблоковые оползни первой стадии; II – малые блоковые оползни второй стадии;
 III – оползень-поток третьей стадии

Таблица 6 – Максимальные и средние объемы оползней различного типа в Кыргызстане

№	Типы оползней	Доля от общего числа оползней (%)	Максимальный объём (тыс. м ³)	Минимальный объём (тыс. м ³)	Средний объём (тыс. м ³)
1	Оплывины	8,8	0,2	108	5,4
2	Сплывы	36,6	1,0	360	19,4
3	Оползни-потоки	37,3	1,0	10 000	72,4
4	Оползни-скольжения	4,9	2,0	30 000	82,5
5	Сложного типа (блок-потоки)	12,4	4,4	21 450	212,3

Оползни-потоки могут достигать огромных размеров (10 млн м³), соизмеримых с размерами крупнейших оползней других типов. Средний объем оползней-потоков составляет 72,4 тыс. м³, а их доля в общем количестве оползней – 37,3 %.

Оползни скольжения, составляющие 4,9 % всех оползней, характеризуются грандиозными размерами ($V = 30$ млн м³), а их средний объем составляет 82,5 тыс. м³.

Оползни сложного типа (блок-потоки) также могут достигать грандиозных размеров и характеризуются средним объемом 212 тыс. м³, причем доля таких оползней (12,4 %) довольно значительна.

В рассматриваемом оползнеопасном районе страны преобладают поверхностные оползни средних (оплывины, сплывы) и больших (оползни-потоки) размеров (82,8 %), а доля глубоких оползней достигает 17,3 %.

Поступила: 23.08.22; рецензирована: 05.09.22; принята: 08.09.22.

Литература

1. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов / Е.П. Емельянова. М.: Недра, 1972. 308 с.
2. Пендин В.В. Методология оценки и прогноза оползневой опасности / В.В. Пендин, И.Г. Фоменко. М.: ЛЕНАНД, 2015. 320 с.
3. Шустер Р. Оползни. Исследование и укрепление / Р. Шустер, Р. Кризек. М.: Мир, 1981. 366 с.
4. Рзаева М.К. Об инженерно-геологических типах оползней / М.К. Рзаева // Инженерно-геологические изыскания в строительстве: реф. сб. 1. М.: ЦИНИС, 1969. С. 23–29.

5. Тихвинский И.О. Оценка и прогноз устойчивости оползневых склонов / И.О. Тихвинский. М.: Наука, 1988. 144 с.
6. Золотарёв Г.С. Инженерная геодинамика / Г.С. Золотарёв. М.: МГУ, 1983. 328 с.
7. Золотарёв Г.С. Инженерно-геологические исследования для гидроэнергетического строительства. Т. 1 / Г.С. Золотарёв. М.: Госгеолиздат, 1950. 306 с.
8. Варнес Д. Движение склонов, типы и процессы. Оползни, исследование и укрепление / Д. Варнес. М.: Мир, 1981. С. 32–85.
9. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии / Г.К. Бондарик. М.: Недра, 1981. 256 с.
10. Havenith H.-B. Tien Shan geohazards database: Earthquakes and landslides / H.-B. Havenith, A. Strom, I. Torgoev, A. Torgoev, L. Lamair, A. Ischuk and K. Abdrakhmatov // *Geomorphology*. 2015. 249. Pp. 16–31.
11. Havenith H.-B. Tien Shan geohazards database: Landslide susceptibility analysis / H.-B. Havenith, A. Torgoev, R. Schlögel, A. Braun, I. Torgoev and A. Ischuk // *Geomorphology*. 2015. 249. Pp. 32–43.
12. Оползни и сели. Том 1. Центр международных проектов ГКНТ. М., 1984. 351 с.
13. Шеко А.И. Закономерности и прогноз формирования селей / А.И. Шеко. М.: Недра, 1980. 296 с.
14. Ниязов Р.А. Динамика горных склонов Чаткало-Кураминской зоны / Р.А. Ниязов, И.А. Петрухина, В.И. Мартемьянов и др. Ташкент: Изд-во «Фан», 1977. 168 с.
15. Ибатуллин Х.В. Мониторинг оползней Кыргызстана / Х.В. Ибатуллин. Бишкек: МЧС КР, 2011. 145 с.
16. Torgoev I. Tien-Shan landslides triggered by earthquakes in Pamir-Hindukush zone / I. Torgoev, R. Nijazov, H.-B. Havenith, C. Margottini, P. Canuti and K. Sassa (eds.) // *Landslide science and Practice*. Vol. 5. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2013. Pp. 191–197.
17. Торгоев И.А. Механизм сейсмогенных оползней разжижения. Современные проблемы механики сплошных сред / И.А. Торгоев // *Гидрогазодинамика, геомеханика и геотехнологии*. Вып.16. Бишкек, 2012. С. 251–257.