

УДК 625.72

МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОПОЛЗНЕЙ

Воробьев А.Е.¹, Воробьев К.А.^{2,3}

¹ГГНТУ, ²РУДН, ³ИПКОН РАН.

Аннотация: Представлены методические рекомендации по проведению полевых исследований оползней. Дана схема полевого обследования оползней. Раскрыты факторы, учитываемые в полевой инвентаризации оползней. Показаны оползневые трещины в разных ландшафтных зонах. Детализирована схема тела оползня. Представлена форма сбора необходимых данных и сведений при опробовании оползня.

Abstract: Guidelines for field landslide studies are presented. Field survey of landslides is given. The factors taken into account in the field inventory of landslides are disclosed. Landslide cracks in different landscape zones are shown. The landslide body diagram is detailed. A form for collecting the necessary data and data during landslide testing is presented.

Ключевые слова: оползень, полевые исследования, методика, процедуры, факторы.

Keywords: landslide, field studies, methods, procedures, factors.

Наземные инженерно-геологические исследования оползневых территорий обычно состоят из рекогносцировочных наблюдений и полевых работ по сбору необходимых материалов и сведений, а их цель состоит в том, чтобы документировать поверхностные условия так, чтобы обеспечить необходимую основу для последующего прогнозирования условий и параметров перемещения геомассы оползня. При этом, основной задачей идентификации оползня является определение его границ на земной поверхности и других параметров, включая площадь очага и смешенную геомассу [1-5].

Элементы поверхности оползней, поверхностные отложения, коренные породы и элементы поверхностных вод должны быть изображены на подробной топографической базовой карте, полученной с помощью наземной съемки.

При этом различают следующие процедуры (рис. 1):

1) предварительное исследование, включающее изучение имеющейся геологической, гидрологической и топографической информации, собранных на основе анализа существующих карт и данных полевого и дистанционного зондирования;

2) инженерно-геологические изыскания на месте;

3) обследования места оползня;

4) интерпретация собранной информации, состоящая из создания разрезов, концептуализации геологических, гидрологических и топографических условий и подготовки формальных карт оползней.

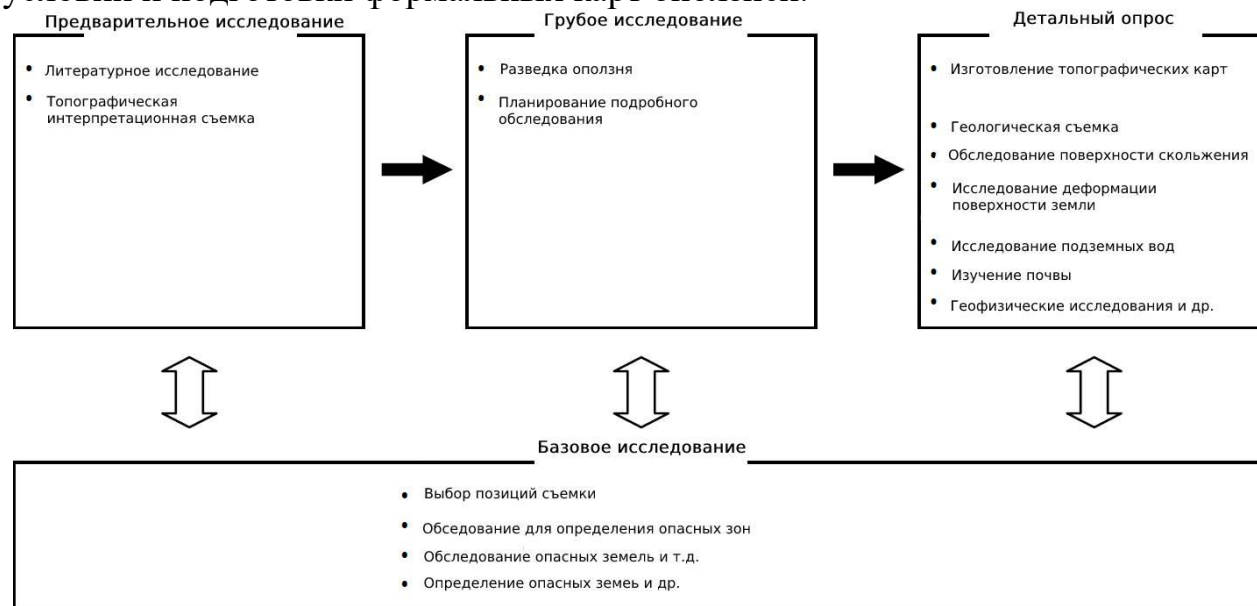


Рисунок 1 - Схема полевого обследования оползней

Обычные методы, используемые для выявления оползней, включают [10]:

- 1) геоморфологическое картирование площади оползня;
- 2) визуальную интерпретацию стереоскопических аэрофотоснимков.

Выявление оползней в полевых условиях является составной частью стандартной геоморфологической картографии. При этом, важным подходом к изучению оползней являются методы геоморфологической инвентаризации оползней, которые являются прямыми методами [7], в ходе которых, как правило, регистрируются основные характеристики морфологии оползней, а также провоцирующие и предрасполагающие факторы (табл. 3).

Таблица 3 - Обзор факторов, учитываемых в полевой инвентаризации

Тип	Характеристика	Дескриптор
Геометрия оползня	Глубина основного уступа	м
	Ширина основного уступа	м
	План формы уступа	Круговой/Прямолинейный
	Длина выбега	м
Геоматериал	Тип перемещаемого геоматериала	Скальные породы/осадочные породы/почвы
	Достигнута коренная порода	Да/Нет
Топография оползня	Наличие обратного уклона, стоячей воды, дренажа	Да/Нет + местоположение
	Наличие вторичных уступов	Да/Нет + местоположение
Активность оползня	Недавняя деятельность	Да/Нет
	Последнее действие в теле оползня	Да/Нет

Триггерные факторы	Время оползня, время реактивации	Дата
	Сообщения о сильных дождях	Да/Нет
	Сообщение о землетрясении	Да/Нет + место контакта
Подготовительные факторы	Выемка дороги	Да/Нет
	Подрезка реки	Да/Нет

Полевые исследования позволяют сделать вывод о факторах, контролирующих оползни. Весьма важным представляется то, что с помощью этого метода можно установить разнообразные доминирующие механизмы скольжения геомассы оползней. Также они позволяют установить, что в условиях высокогорья оползни обычно имеют глубину 0,5–3 м, причем глубина оползня ограничивается глубиной выветренного геоматериала. Это обстоятельство связано с наличием на возвышенностях, где рыхлые эродированные геоматериалы подстилаются метаморфическими коренными породами, как правило, лишь неглубоких почв (информация о их свойствах также очень важна при подходе к решению этой проблемы).

К полевым исследованиям относятся методы мониторинга склонов, которые можно разделить на 4 основные категории (определяемые используемыми измерительными устройствами или датчиками): геодезические, геотехнические и геофизические методы и технологии, в совокупности или отдельно с дистанционным зондированием.

Геодезические методы и технологии позволяют измерять произошедшие смещения или перемещения с географической привязкой в одном, двух или трех измерениях. Этот метод включает в себя использование таких инструментов, как тахеометры и наземные лазерные сканеры, нивелиры и приемники глобальной навигационной спутниковой системы.

Геотехнические методы и технологии позволяют измерять смещения или перемещения геомассы, без географической привязки и связанные с ними воздействия или условия окружающей среды. Этот метод включает в себя использование таких инструментов, как экстензометры, пьезометры, наклонотомы и акселерометры.

Геофизические методы обычно используются для определения структуры оползня, его горизонтальной протяженности и глубины до поверхности разрушения.

Так, геофизические методы и технологии позволяют измерять количественные параметры, а также состояние почвы и геомассы тела оползней. Они включают в себя сейсморазведку и исследование удельного электрического сопротивления грунта и геомассы тела оползней.

Определенный интерес представляют термографические методы исследования оползней (особенно падающего типа), позволяющие обнаружить разрывы, расположенные вплотную к базисным плоскостям. Такую интерпретацию целесообразно подкреплять сравнением термограмм с оптическими изображениями (рис. 2), которые подтверждают наличие или отсутствие признаков течения воды по обнаруженным разрывам.

Однако, с помощью лишь только этой инвентаризации невозможно оценить временное распределение оползневых процессов и оценить их потенциальные количественные характеристики.

Поскольку для локализации многих критических элементов оползня требуются значительные топографические данные, то в качестве основного компонента идентификации оползня в детальном масштабе, как правило, должно быть включено подробное обследование местности его нахождения, что экономически оправдано только в случае изучения оползня на конкретном участке.

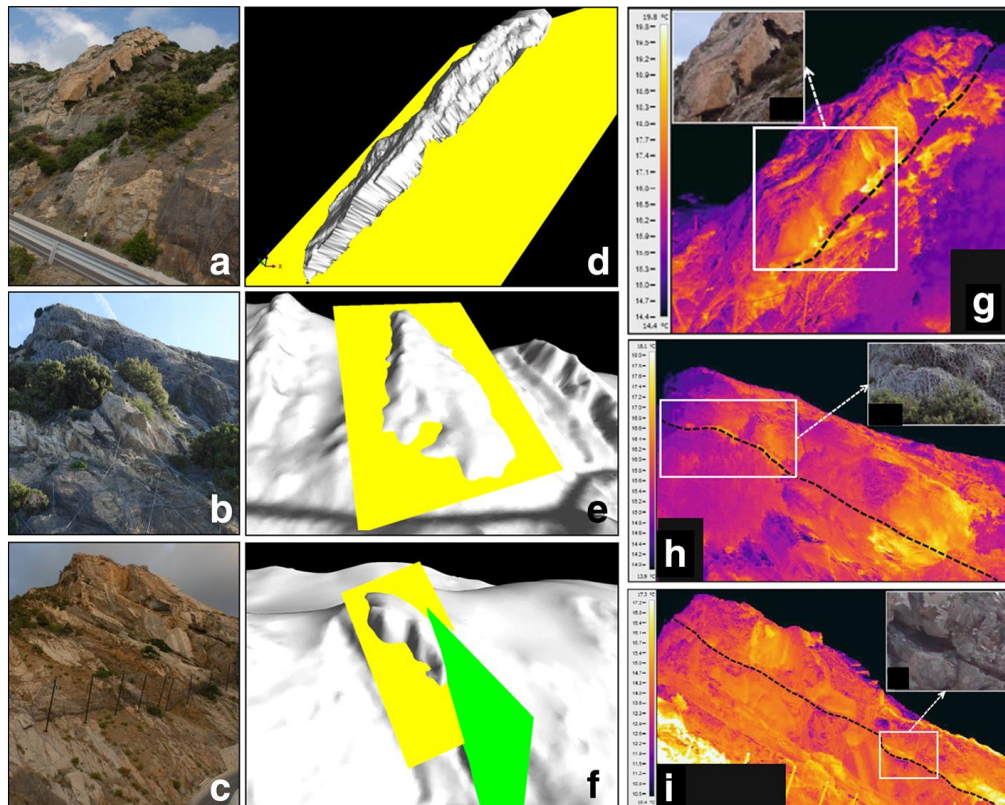


Рисунок 2 - Оптические (а,б,с) и термографические (d,e,f) изображения неустойчивых массивов горных пород, с соответствующей их трехмерной цифровой моделью, позволяющими обнаружить базисную и латеральную плоскости скольжения (g,h,i) [8]. Пунктирными линиями отмечены базисные плоскости скольжения; белые квадраты на термограмме позволяют сравнить соответствующие сектора на оптических изображениях, полученных встроенной цифровой камерой

Недостатком полевого картографирования часто является ограниченная возможность точного определения границы оползня в полевых условиях из-за плохой видимости обрушения склона (следствие местной перспективы), размера оползня и того факта, что граница оползня часто бывает нечеткой.

Необходимо также осуществлять мониторинг образовавшихся трещин (рис. 3), т.к. поверхностное растрескивание тела оползня является одним из первых признаков проявления оползневой деформации. Развитие и смещение трещин обычно отражает поведение оползня на глубине, особенно в верхней

половине или двух третях площади оползня [9]. Таким образом, тщательное измерение трещиноватости может предоставить важную информацию о геомеханике и реальной активности оползня. При этом динамику развития трещины можно измерять с помощью тензометров.

Необходимо исследовать вид и размер частиц геоматериалов, составляющих оползневую массу, качество и форму гравия и других горных пород, цвет глины и т.д. При этом характеристики геологического строения оползня можно оценить, исследуя коренную породу на выходе вблизи места оползня и исходя из грубой стратиграфии, простираения и падения коренной породы.

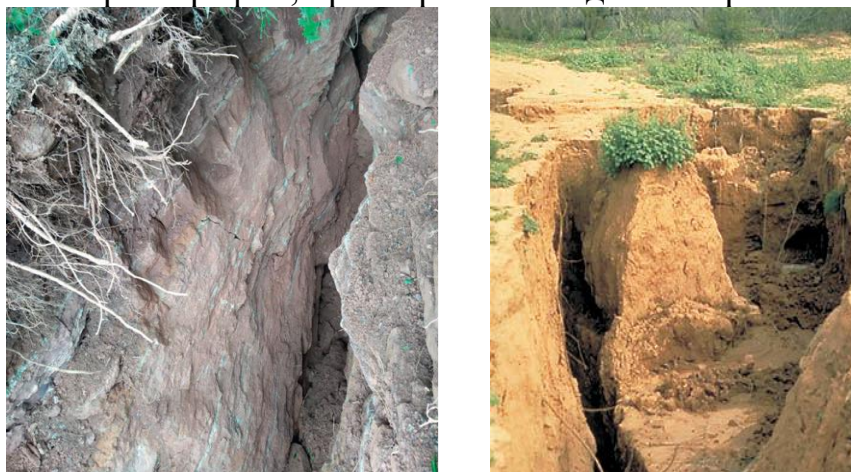


Рисунок 3 - Оползневые трещины в разных ландшафтных зонах

Кроме того, весьма важно осуществить отбор проб геомассы тела оползня, с интервалом 30–50 м, посредством скважин, пройденных по всей его глубине. Первичные линии опробования должны располагаться в таком месте и в таком направлении, которые позволяют наблюдать за геологией, геологическим строением, минералогией, распределением грунтовых вод, деформацией земной поверхности, поверхностью скольжения и т.д. в подвижном блоке и которые являются наиболее подходящими для составления базового плана и базового проекта [9]. Если движение оползня имеет сложное направление и тело оползня обладает сложной геометрией в плане, то можно провести изогнутую съемочную линию.

Список литературы

1. Воробьев А.Е., Кожогулов К.Ч., Каримов Э.М. Жер көчкүлөрдүн талаа изилдөөлөрү (Полевые исследования оползней) // Известия Ошского технологического университета (Кыргызстан). 2023. № 2-1. С. 214-221.
2. Воробьев А.Е., Кожогулова Г.К. Выявление базовых механизмов и основных особенностей передвижения геомассы оползней // Горный вестник Узбекистана № 3 (90). 2022. С. 20-26.
3. Воробьев А.Е., Кожогулова Г.К. Исследование быстрых и протяженных глинистых оползней // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. № 2. 2022. С. 32-41.

4. Воробьёв А.Е., Кожогулова Г.К. Классификация оползней в районах добычи полезных ископаемых // Актуальные вопросы геологии, инновационные методы прогнозирования, добычи и технологии обогащения полезных ископаемых // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. 28 июня 2022 г. / Под ред. Б.Ф. Исламова; Госкомгеологии Республики Узбекистан, Университет геологических наук, ГУ «Институт минеральных ресурсов». ГУ «ИМР», 2022. С. 177-180.
5. Воробьев А.Е., Кожогулова Г.К. Типизация оползней // В сборнике: Инновационные перспективы Донбасса. Материалы 8-й Международной научно-практической конференции. Донецк, 2022. С. 26-33.
6. Landslide research team. Independent Administrative Institution. 2007. 157 p.
7. Leulalem Shano, Tarun Kumar Raghuvanshi and Matebie Meten. Landslide susceptibility evaluation and hazard zonation techniques – a review // Geoenvironmental Disasters. 2020. P. 18. <https://doi.org/10.1186/s40677-020-00152-0>.
8. Nicola Casagli, William Frodella, Stefano Morelli, Veronica Tofani, Andrea Ciampalini, Emanuele Intrieri, Federico Raspini, Guglielmo Rossi, Luca Tanteri and Ping Lu. Spaceborne, UAV and ground-based remote sensing techniques for landslide mapping, monitoring and early warning // Geoenvironmental Disasters. 4:9. 2017. 23 p. DOI 10.1186/s40677-017-0073-1.
9. Slope monitoring methods a state of the art report. Munich. 2008. 179 p.
10. Snježana Mihalić Arbanas, Zeljko Arbanas. Landslides: a guide to researching landslide phenomena and processes. Nediljka Gaurina-Medjimurec University of Zagreb, Croatia. 2015. Pp. 474-509.

***Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00444, <https://rscf.ru/project/23-27-00444/>, 2023 г.**