

На правах рукописи



НГУЕН ЧУНГ КИЕН

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РИСКА
ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ
ЛАОКАЙ ВЬЕТНАМА)**

25.00.08 - Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва - 2018

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»

Научный руководитель: д-р геол.-минерал. наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной геологии гидрогеологического факультета МГРИ-РГГРУ

Пендин Вадим Владимирович

Научный консультант: д-р геол.-минерал. наук, профессор кафедрой инженерной геологии гидрогеологического факультета МГРИ-РГГРУ

Фоменко Игорь Константинович

Официальные оппоненты:

Аникеев Александр Викторович

доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН).

Барыкина Ольга Сергеевна

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Ведущая организация:

Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ)

Защита состоится «28» Июня 2018 года в 14 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 212.121.01 при ФГБОУ ВО «РГГРУ имени Серго Орджоникидзе» по адресу: по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, зал диссертационных советов (каб.4-73).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, <http://mgri-rggru.ru/>

Автореферат разослан «__» _____ 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
Д 212.121.01, д-р геол.-минерал. наук, доцент

Ганова С.Д.

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования:

Оползни во Вьетнаме являются одним из наиболее широко развитых опасных геологических явлений. Они встречаются во всех горных районах страны. Вместе с тем территория северо-западной части провинции Лаокай считается одной из наиболее подверженных оползневым процессам, где они стали причиной существенных социальных и экономических потерь. С 2005 по 2015 год в данном регионе был идентифицирован 641 активный оползень.

Проблема оценки рисков от оползневых процессов в провинции Лао Кай стала особенно актуальной в последнее десятилетие, в связи с началом ее комплексного освоения. На основании доклада (Нгуен Т.И., 2006), ущерб от оползней в исследуемой области, за период с 1965 по 2006 г. составил 150 человеческих жертв и свыше 360 разрушенных зданий.

Таким образом, актуальность выбора темы диссертационной работы объясняется тем, что грамотное планирование хозяйственного освоения территории, основанное на концепции оценки рисков с целью минимизации возможного ущерба – задача первостепенной важности для экономики Вьетнама, решить которую можно только на основе современных методов.

Цель и задачи:

Целью настоящей диссертационной работы является разработка научно-методических основ по региональной оценке рисков от оползневых процессов и их реализация для региона северо-западный Лаокай (Вьетнам) на основе ГИС технологий.

Основные задачи исследований:

1. Определить условия и причины активизации оползневых процессов в районе северо-западный Лаокай.
2. Осуществить районирование региона Лаокай по оползневой опасности.
3. Выполнить оценку ущерба и риска от оползневых процессов в районе северо-западный Лаокай.
4. Оценить надежность полученных результатов.

Научная и методическая новизна:

Научная и методическая новизна работы заключается в следующем:

1. Выявлены и проанализированы основные факторы оползнеобразования на исследуемой территории.
2. Разработана методика по оценке значимости выявленных факторов в активизации оползневого процесса.
3. Разработана и апробирована модифицированная методика оценки оползневой опасности, основанная на методе анализа иерархий (МАИ).
4. Выполнена оценка риска от оползневых процессов на базе метода анализа ущерба и потерь.

Методы исследования:

В развитие существующих методик оценки региональной оползневой опасности, автором данной диссертационной работы был разработан и апробирован подход, базирующийся на ГИС технологиях – модифицированный метод анализа иерархий (МАИ). Оценка риска от оползневых процессов была реализована на основе метода анализа ущерба и потерь.

Теоретическая и практическая значимость работы:

Модифицированный метод анализа иерархий, реализованный в среде ГИС, может быть рекомендован к применению для оценки региональной оползневой опасности.

Выполненная в диссертационной работе оценка рисков от оползневых процессов может быть использована при разработке планов комплексного освоения территории - северо-западный Лаокай.

Теоретические и методологические положения работы и выводы по оценке оползневой опасности и риску от оползневых процессов могут быть использованы в учебных и научно-исследовательских целях.

Положения, выносимые на защиту:

1. Исследование оползнеобразующих факторов и выявление взаимосвязей между ними дает возможность построить модель оценки оползневой опасности. Основными параметрами оползневого процесса, определяющими активизацию оползней региона северо-западной Лаокай являются:

- 1) крутизна склонов;
- 2) горизонтальное расчленение рельефа;
- 3) вертикальное расчленение рельефа;
- 4) литологические разности грунтов;
- 5) гидрогеологические условия;
- 6) расстояние от активных разломов;
- 7) количество осадков;
- 8) тип растительности.

2. Предложенная автором модификация метода анализа иерархий (МАИ), позволяет избавиться от субъективности экспертных оценок, присущей МАИ в классической постановке при оценке региональной оползневой опасности территорий. Основным критерием для определения значимости параметра является форма функции распределения выявленных оползней по информационным классам. Параметр, имеющий большую дисперсию, является менее значимым в сравнении с параметром, имеющим меньшую дисперсию;

3. Выполненная региональная оценка риска от оползневых процессов района северо-западный Лаокай, с использованием метода анализа ущерба и потерь (АУП) показала высокую надежность, что было доказано на основе отношения правдоподобия полученных результатов.

Фактический материал:

В качестве исходных данных были использованы материалы дистанционного зондирования региона северо-западный Лаокай в сочетании с материалами традиционных полевых исследований, полученные автором при выполнении работ в составе Института геологических наук Вьетнамской академии наук и технологии.

Теоретическую основу исследований составили работы вьетнамских ученых Та Дук Тхинх, Нгуен Куок Тхань, Нгуен Чонг Ием, Фам Ван Ти, Зыонг Мань Хунг, Чан Ань Туан и других.

Достоверность научных положений и выводов обосновывается высоким качеством исходной геологической информации об объекте исследований, строгостью исходных построений используемых при решении поставленных задач, а также применением современных методов моделирования в среде ГИС.

Личный вклад автора:

Диссертационная работа выполнялась автором, начиная с 2016 года, на кафедре инженерной геологии Гидрогеологического факультета Российского государственного геологоразведочного университета им. С. Ордженикидзе (МГРИ-РГГРУ) во время обучения в аспирантуре. В основу диссертации положены материалы, полученные лично автором за 5-летний период работы в Институте геологических наук Вьетнамской академии наук и технологий. Автором выполнено инженерно-геологическое картирование изучаемой территории по оползневой опасности, проведен комплекс полевых работ и экспериментальных лабораторных исследований, определены и проанализированы

факторы оползневого процесса, выполнены оценка оползневой опасности и анализ рисков для территории северо-западный Лаокай.

Научная апробация и публикации:

По теме диссертации опубликовано 2 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК, а также 1 статья в материалах конференции: «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации» (Москва, 2017г.); 1 статья в материалах конференции: «Тектоника зоны разломов Красной реки и геологии Северного Вьетнама» (Ханой, 2009г.).

Структура и объём работы:

Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения, она содержит 152 страницы текста, сопровождается 27 таблицами, 69 рисунком и списком литературы из 185 наименований.

Благодарности:

Автор выражает благодарность научному руководителю д. г-м. н., проф. В.В. Пендину за формирование научных взглядов, общее руководство над работой и полезные идеи. Научному консультанту д. г-м. н. И.К. Фоменко за возможность заниматься выбранной темой и помощь в выборе верного направления в работе. А так же к.г-м.н О.В. Зеркало за ценные советы и всему профессорско-преподавательскому составу кафедры инженерной геологии РГГРУ-МГРИ за консультации в процессе написания работы.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследований, приведены защищаемые положения, показаны научная новизна и практическая значимость работы.

Глава 1. Основы теоретического оползневедения

Рассмотрены предмет и объект исследований теоретического оползневедения; определение, механизмы, условия, критерии и причины оползневого процесса; динамика оползневых процессов; прогноз оползневой опасности и история изучения оползневого процесса во Вьетнаме.

Глава 2. Инженерно-геологические условия района северо-западный Лаокай

Основным содержанием главы является выявление условий и факторов, способствующих развитию оползневых процессов в районе северо-западный Лаокай. К ним относятся: Геологическое строение, тектонические особенности и сейсмическая активность; геоморфологические условия; строение и свойства оползнеопасных отложений; гидрогеологические условия; современные экзогенные процессы; климатические условия; гидрография; растительность; хозяйственное освоение территории и техногенное воздействие; проявление оползневых процессов в районе северо-западный Лаокай.

Глава 3. Региональный прогноз оползневой опасности района северо-западный Лаокай

Научно – обоснованный прогноз реакций литосферы на различные виды естественных и искусственных взаимодействий и составление на этой основе карты оползневой опасности даёт возможность правильно спланировать мероприятия по управлению состоянием региональных, локальных и элементарных литотехнических систем (ЛТС), обосновать пространственно – временную структуру мониторинга ЛТС, создать инженерно–геологическую основу для разработки плана народно – хозяйственного освоения территорий.

За последние годы в разных странах и разными исследователями были разработаны новые методы комплексного анализа ЛТС с целью прогнозирования развития оползней различного генезиса. Так как большинство методов прогнозирования оползневой

опасности требуют комплексного анализа значительных массивов данных, все большее применение находят методики, основанные на использовании геоинформационных систем (ГИС). С внедрением ГИС, моделирование оползневой опасности стало доступным, удобным и возможным как при научном анализе, так и при экономической оценке прогнозного освоения территорий.

В России наибольшее распространение получил метод «оползневого потенциала», относящийся к группе методов взвешенных произведений. Он основан на определении вероятности возникновения оползней в зависимости от величин вероятностей воздействия факторов оползнеобразования ($P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$). Исходную вероятность определенного фактора P_k авторы метода принимали равной отношению площади активных оползней к площади распространения фактора.

В последнее время, в практике региональной оценки оползневой опасности начал активно применяться метод анализа иерархий, например, с определенными упрощениями он был использован в работе.

Целью данного исследования являлась региональная оценка оползневой опасности региона северо-западный Лаокай с использованием модифицированного метода анализа иерархий.

3.1. Методические основы региональной оценки и прогноза оползневых процессов

Региональный прогноз оползневых процессов предполагает определение возможности возникновения и интенсивности их развития, а также взаимодействие с сооружениями в пределах значительного района. При региональных прогнозах обычно не представляется возможным указать конкретные типы, места и иные показатели оползневых процессов, дается их фоновая характеристика с общими закономерностями развития.

Региональное прогнозирование оползневых процессов может быть как качественным, так и количественным, и может строиться как на вероятностном, так и на детерминированном подходах. В основе региональных прогнозов лежит специальное районирование территории, характеризующее распространение оползней или условия их проявления.

Перспективным направлением является использование технологий, основанных на геоинформационных системах (ГИС), позволяющих максимально автоматизировать процесс регионального прогноза оползневой опасности.

3.2. Методика оценки оползневой опасности для района северо-западный Лаокай

3.2.1. Подходы к анализу оползневых факторов

Анализ оползневых факторов может проводиться с использованием либо способа взвешенных сумм, либо посредством взвешенных произведений. Каждый подход имеет свои достоинства и ограничения, поэтому на практике рекомендуется использовать их комплексно, а затем окончательное распределение совокупных значений сравнивать для установления соответствия.

Способ взвешенных сумм в классической формулировке может быть определен следующим образом:

$$S = w_1x_{i1} + w_2x_{i2} + \dots + w_jx_{ij} + \dots + w_nx_{in}, \quad (3.1)$$

где S – интегрированный показатель восприимчивости территории к оползневому процессу; w_j – вес фактора j ; x_{ij} – вес класса i фактора j ; n – количество независимых факторов.

Способ взвешенных произведений определяется выражением следующего вида:

$$S = (w_1x_{i1} \times w_2x_{i2} \times \dots \times w_jx_{ij} \times \dots \times w_nx_{in}) / 1000000, \quad (3.2)$$

где S – интегрированный показатель восприимчивости территории; w_j – вес фактора j ; x_{ij} – вес класса i фактора j ; n – количество независимых факторов.

3.2.2. Алгоритм классической формулировки МАИ для оценки региональной оползневой опасности

Метод анализа иерархий (МАИ) предоставляет экспертам относительно простой и эффективный способ измерения объективных и субъективных факторов посредством попарных относительных сравнений и вычисления соответствующих приоритетов шкалы отношений. Он, в классическом понимании, находится на стыке метода экспертных и балльных оценок.

Первый шаг МАИ – построение иерархической структуры, объединяющей цель выбора, критерии, альтернативы и другие факторы, влияющие на выбор решения.

Иерархическая структура МАИ – это графическое представление проблемы в виде перевернутого дерева, где каждый элемент, за исключением самого верхнего, зависит от одного или более выше расположенных элементов. Система представляет собой строгую иерархию, если допустимы связи только между соседними уровнями от верхнего к нижнему.

Приоритеты – это числа, которые связаны с узлами иерархии. Они представляют собой относительные веса элементов в каждой группе. Подобно вероятностям, приоритеты – безразмерные величины, которые могут принимать значения от нуля до единицы. Чем больше величина приоритета, тем более значимым является соответствующий ему элемент. Сумма приоритетов элементов, подчиненных одному элементу выше лежащего уровня иерархии, равна единице. Приоритет цели по определению равен 1,0.

На основе описанной выше шкалы строится матрица парных коэффициентов корреляции (таблица 3.1).

Таблица 3.1.

Матрица парных коэффициентов корреляции

	A_1	A_2	A_3	A_n
A_1	1	a_{12}	a_{13}	a_{1n}
A_2	a_{21}	1	a_{23}	a_{2n}
A_3	a_{31}	a_{32}	1		a_{3n}
...
A_n	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}		1

Величина парных коэффициентов корреляции определяется следующим образом:
 $a_{ij} = \frac{I_i}{I_j}$ (3.3); где: I – уровень значимости (определяемый по шкале Т.Саати).

Соответственно: $a_{11} = \frac{I_1}{I_1}$ (3.4); $a_{12} = \frac{I_1}{I_2}$ (3.5); $a_{13} = \frac{I_1}{I_3}$ (3.6); ...; $a_{nn} = \frac{I_n}{I_n}$ (3.7).

В свою очередь, веса факторов могут быть найдены из следующего выражения:

$$W_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (3.8)$$

Где: W_i – Вес фактора A_i ; m_i – среднее геометрическое значение i строки, определяемое согласно следующим формулам:

$$m_1 = \sqrt[n]{\frac{I_1}{I_1} * \frac{I_1}{I_2} * \frac{I_1}{I_3} * \dots * \frac{I_1}{I_n}} = I_1 * \sqrt[n]{\frac{1}{I_1 * I_2 * I_3 * \dots * I_n}} \quad (3.9)$$

$$m_2 = \sqrt[n]{\frac{I_2}{I_1} * \frac{I_2}{I_2} * \frac{I_2}{I_3} * \dots * \frac{I_2}{I_n}} = I_2 * \sqrt[n]{\frac{1}{I_1 * I_2 * I_3 * \dots * I_n}} \quad (3.10)$$

.....

$$m_n = \sqrt[n]{\frac{I_n * I_n * I_n * \dots * I_n}{I_1 * I_2 * I_3 * \dots * I_n}} = I_n * \sqrt[n]{\frac{1}{I_1 * I_2 * I_3 * \dots * I_n}} \quad (3.11)$$

Веса факторов оползнеобразования (оценка вектора приоритетов), соответственно будут равны:

$$W_1 = \frac{I_1 * \sqrt[n]{\frac{1}{I_1 * I_2 * I_3 * \dots * I_n}}}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n) * \sqrt[n]{\frac{1}{I_1 * I_2 * I_3 * \dots * I_n}}} = \frac{I_1}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)} \quad (3.12)$$

$$W_2 = \frac{I_2 * \sqrt[n]{\frac{1}{I_1 * I_2 * I_3 * \dots * I_n}}}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n) * \sqrt[n]{\frac{1}{I_1 * I_2 * I_3 * \dots * I_n}}} = \frac{I_2}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)} \quad (3.13)$$

$$\dots \dots \dots$$

$$W_n = \frac{I_n * \sqrt[n]{\frac{1}{I_1 * I_2 * I_3 * \dots * I_n}}}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n) * \sqrt[n]{\frac{1}{I_1 * I_2 * I_3 * \dots * I_n}}} = \frac{I_n}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)} \quad (3.14)$$

При этом $W_1 + W_2 + \dots + W_n = 1$ (3.15)

А интегрированный показатель восприимчивости территории к оползневому процессу (по способу взвешенных сумм):

$$S = \frac{I_1}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)} * X_1 + \frac{I_2}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)} * X_2 + \dots + \frac{I_n}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)} * X_n \quad (3.16)$$

При этом, полагая что $X_i = \frac{A_{ij}}{A_{ij \max}}$ (3.17) если $X_i \leq 1$ и $X_i = \frac{A_{ij}}{A_{ij \max}} * N$ (3.18) если $X_i > 1$ (где

N - любое натуральное число, отличное от 0), окончательно получаем:

$$S = \frac{I_1}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)} * \frac{A_{1j}}{A_{ij \max}} + \frac{I_2}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)} * \frac{A_{2j}}{A_{ij \max}} + \dots + \frac{I_n}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)} * \frac{A_{nj}}{A_{ij \max}} \quad (3.19)$$

$$S = \frac{I_1 * A_{1j} + I_2 * A_{2j} + \dots + I_n * A_{nj}}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n) * A_{ij \max}} \quad (3.20) \text{ (если } X_{ij} \leq 1)$$

$$S = \frac{I_1 * A_{1j} + I_2 * A_{2j} + \dots + I_n * A_{nj}}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n) * A_{ij \max}} * N \quad (3.21) \text{ (если } X_{ij} > 1)$$

3.2.3. Модифицированный алгоритм формулировки МАИ для оценки региональной оползневой опасности

Основным недостатком классической формулировки МАИ, является необходимость использования экспертных оценок, что вносит определенный субъективизм в результат оценки региональной оползневой опасности.

Целью модификации описанного выше алгоритма являлась ликвидация субъективизма экспертных оценок. Дополнительным требованием, по отношению к классической формулировке МАИ, в нем является построение карты инвентаризации оползней.

С этой целью был использован следующий подход основным критерием для определения значимости фактора является форма функции распределения выявленных оползней по информационным классам рассматриваемого фактора. В качестве примера на рис. 3.1 показаны две возможных функции распределения. Фактор 1, имеющий большую дисперсию, является менее значимым в сравнении с фактором 2. Отметим, что кривая распределения строится по количеству проявлений оползневых процессов в каждом классе фактора (например, в факторе «геологическое строение» выделено 3 класса, в каждом из которых выявлено определенное количество проявлений оползневых процессов).

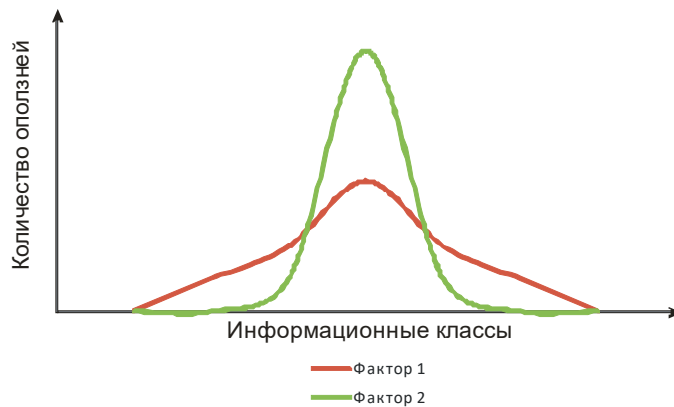


Рис. 3.1. Пример функции распределения выявленных оползней по информационным классам

Таким образом, стандартное отклонение функции распределения выявленных оползней по информационным классам рассматриваемого фактора является основой для определения I (уровня значимости).

Веса x_{ij} информационных классов нормируются относительно количества выявленных оползней. Таким образом, чтобы их сумма для каждого фактора составляла 1:

$$x_{ij} = \frac{\text{плотность оползней в данном информационном классе}}{\text{плотность оползней на исследуемой территории}} \quad (3.22)$$

В остальном описываемый алгоритм ничем не отличается от классической постановки МАИ. Интегрированный показатель восприимчивости территории к оползневому процессу (по способу взвешенных сумм) определяется по формуле:

$$S = \frac{I_1}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)} * X_1 + \frac{I_2}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)} * X_2 + \dots + \frac{I_n}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)} * X_n \quad (3.23)$$

На основе приведенного алгоритма может быть построена карта оползневой опасности.

3.3. Региональная оценка оползневой опасности района северо-западный Лаокай на основе модифицированного МАИ

Основой для оценки региональной оползневой опасности района северо-западный Лаокай послужила карта инвентаризации оползней, на которой отражены 340 мест их активизации.

Главной задачей при проведении анализа региональной оползневой опасности является определение условий оползнеобразования. Под условиями оползнеобразования следует понимать всю совокупность природных и антропогенных факторов, нарушающих равновесие масс горных пород. В качестве «основных», для района северо-западный Лаокай, на основе опыта региональных оценок оползневой опасности территории Вьетнама были выбраны следующие восемь факторов:

- 1) Крутизна склонов.
- 2) Горизонтальное расчленение рельефа.
- 3) Вертикальное расчленение рельефа.
- 4) Литологические разности грунтов.
- 5) Расстояние от активных разломов.
- 6) Гидрогеологические условия.
- 7) Количество осадков.
- 8) Тип растительности.

В свою очередь, каждый фактор представлен тремя информационными классами. Разделение факторов на классы приведено в табл. 3.2, рассчитанные веса факторов W_j ($j=1, 2, 3, \dots, 8$) приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.2.

Разделение основных факторов, обуславливающих активизацию оползневых процессов в районе северо-западный Лаокай, на информационные классы и вес этих классов

Фактор W_j	Классы	Количество выявленных оползней	Площадь (км ²)	x_{ij}
1. Крутизна склонов (градусы)	<15	92	382,1883	0,451
	15-35	203	1207,622	0,315
	> 35	45	360,4799	0,234
	Сумма	340	1950	1
2. Горизонтальное расчленение рельефа (км/км ²)	<0.3	42	546,25	0,150
	0.3 – 0.78	254	1207,618	0,412
	>0.78	44	196,426	0,438
	Сумма	340	1950	1
3. Вертикальное расчленение рельефа (км/км ²)	< 600	69	287,698	0,470
	600-1250	249	1436,242	0,340
	>1250	22	226,362	0,190
	Сумма	340	1950	1
4. Литологические разности грунтов	Глинистые сланцы, песчаники и алевролиты	37	204,4368	0,325
	Бiotитовые сланцы, двуслюдяные сланцы, графитовые сланцы, амфиболиты	106	478,1887	0,397
	Интрузивные породы: диориты, гранодиориты, граниты, субщелочные граносиениты	197	1267,818	0,278
	Сумма	340	1950	1
5. Расстояние от активных разломов (м)	> 3000	175	1166,928	0,257
	< 3000	67	428,982	0,268
	Зона разлома	98	354,36	0,475
	Сумма	340	1950	1
6. Гидрогеологические условия	Мало обводненные массивы грунтов	146	747,06	0,398
	Среднеобводненные массивы грунтов	161	933,883	0,352
	Сильно обводненные массивы грунтов	33	269,355	0,250
	Сумма	340	1950	1
7. Количество осадков (ММ/1 год)	<2000	168	854,275	0,389
	2000 - 2800	111	592,301	0,371
	> 2800	61	503,714	0,240
	Сумма	340	1950	1
8. Тип растительности	Лесные массивы и с лесопосадки	60	581,663	0,201
	Земли хозяйственного назначения	147	665,73	0,430
	Растительность практически отсутствует	133	702,754	0,369
	Сумма	340	1950	1

Рассчитанные веса фактора оползнеобразования W_i

Фактор	Стандартное отклонение (σ_i)	$1/\sigma_i$	Уровень значимости (I)	Вес W_i
Литологические разности грунтов	0,060	16,67	12	0,300
Гидрогеологические условия	0,076	13,16	8	0,200
Количество осадков	0,081	12,35	7	0,175
Крутизна склонов	0,110	9,09	4	0,100
Тип растительности	0,119	8,40	3	0,075
Расстояние от активных разломов	0,123	8,13	3	0,075
Вертикальное расчленение рельефа	0,140	7,14	2	0,050
Горизонтальное расчленение рельефа	0,159	6,29	1	0,025

В качестве исходных данных была использована информация, полученная по результатам дистанционного зондирования, в сочетании с материалами традиционных полевых исследований.

Общая схема оценки региональной оползневой опасности методом анализа иерархий представлена на рис. 3.2, необходимый для анализа набор карт, построенный в ARCGIS 10.3 – на рис. 3.3.



Рис. 3.2. Общая схема оценки региональной оползневой опасности методом анализа иерархий

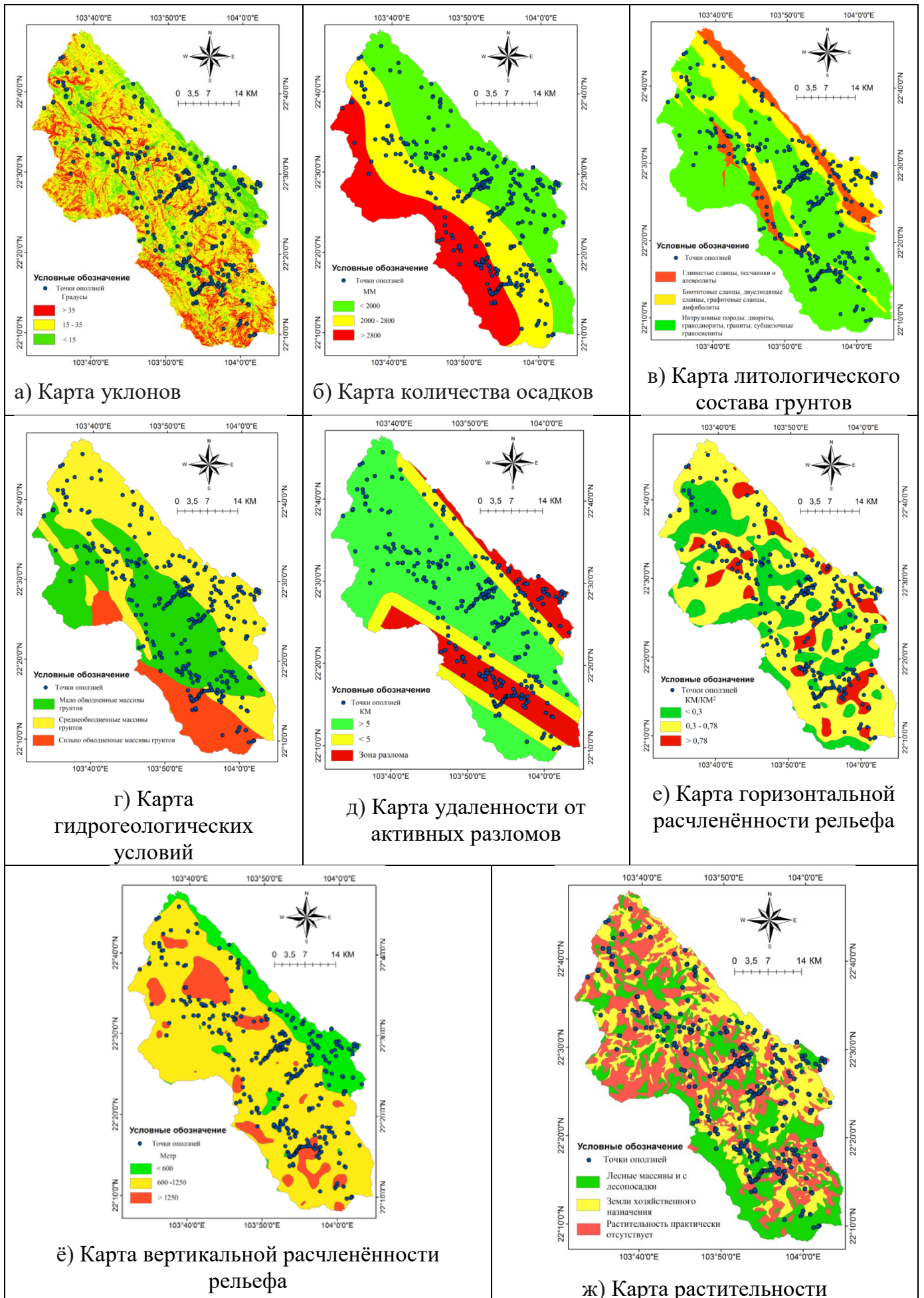


Рис 3.3. Набор карт, использованный для оценки региональной оползневой опасности района северо-западный Лаокай.

Районирование территории района северо-западный Лаокай по оползневой опасности было выполнено как с применением способа взвешенных сумм (рис. 3.4а), так и посредством взвешенных произведений (рис. 3.5а).

Важным моментом при построении карты являлся выбор разумных уровней классификационного показателя S .

В данном исследовании, уровни восприимчивости территории к оползневому процессу были определены на основе анализа распределения S (рис. 3.4б, 3.5б) с использованием классификации по методу естественных границ.

В результате для способа взвешенных сумм были определены следующие зоны:

- первая зона: $S = 0,23 - 0,3$; характеризуется низкой оползневой опасностью;
- вторая зона: $S = 0,3 - 0,37$; характеризуется умеренной оползневой опасностью;
- третья зона: $S = 0,37 - 0,42$; характеризуется высокой оползневой опасностью.

Аналогичные зоны при районировании способом взвешенных произведений имеют следующие интервалы изменений:

- первая зона: $S = 200 - 3682$; характеризуется низкой оползневой опасностью;
- вторая зона: $S = 3682 - 7860$; характеризуется умеренной оползневой опасностью;
- третья зона: $S = 7860 - 36525$; характеризуется высокой оползневой опасностью.

Анализ полученных карт районирования показал, что наиболее высокая оползневая опасность характерна для восточных участков исследуемой территории, включая коммуны Бат Сат, Бан Куа, Бан Вьюк, Чинь Тьонг, Лао Чи и городские округа Лаокай, и Шапа. В геологическом отношении зона высокой оползневой опасности приурочена к массивам грунтов, сложенных глинистыми сланцами, песчаниками и алевролитами, находящихся в зоне влияния активных разломов. Основными факторами активизации оползневого процесса в рассматриваемой зоне являются низкие прочностные свойства массивов грунтов, их нарушенность разрывными нарушениями, а так же, высокая энергия рельефа.

Низкая оползневая опасность характерна для западных районов, включая коммуны А Лу, Нгаи Тхау, Та Ван, Бан Хо, Нам Канг. В геологическом отношении зона низкой оползневой опасности приурочена к массивам грунтов, сложенных прочными интрузивными породами.

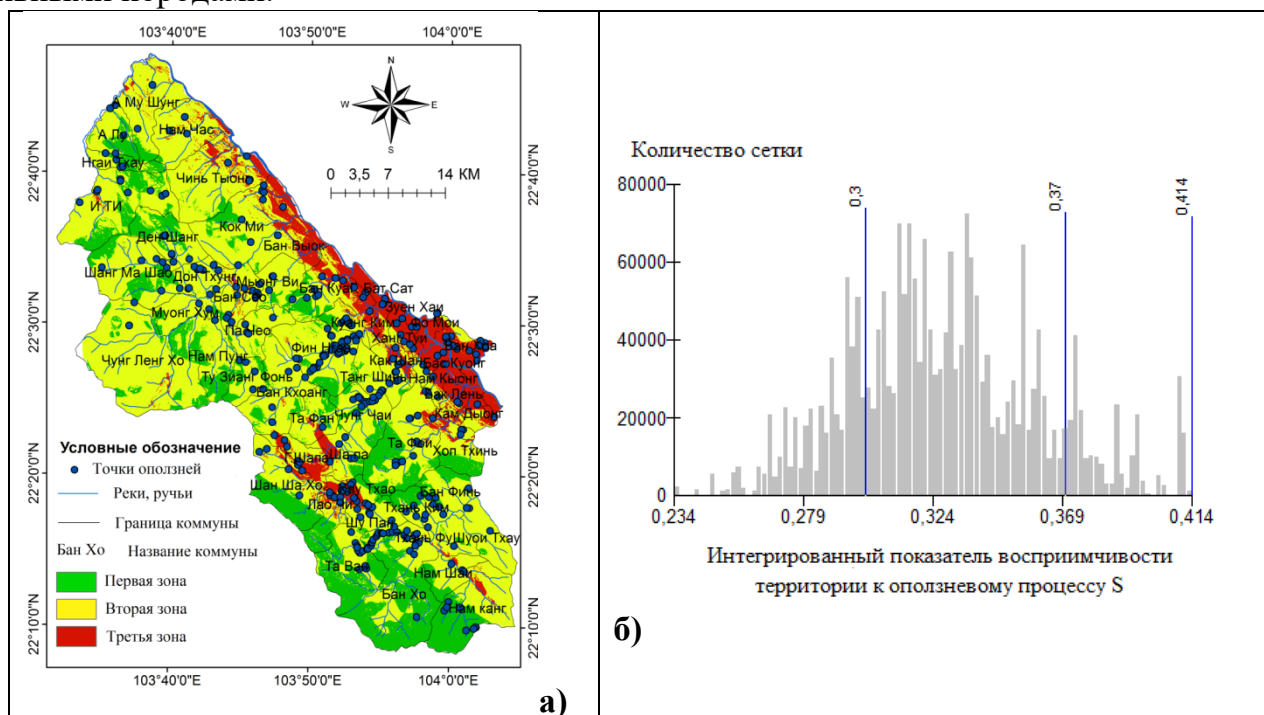


Рис 3.4. Карта районирования оползневой опасности (а) и график распределения интегрированного показателя восприимчивости территории к оползневому процессу (S) на основе способа взвешенных сумм (б).

Основополагающим в риск-анализе, является собственно термин «риск», под которым понимается “вероятность пагубных последствий, или ожидаемых потерь (человеческих жизней, собственности и средств к существованию, деловой активности, ущерб окружающей среде) в результате взаимодействия между естественными или антропогенными опасностями, условиями уязвимости и способностью реагировать или справляться с последствиями”. Другим определением «риска» является его трактовка как «комбинации/сочетания вероятности случая и его отрицательных последствий». В законодательных документах Российской Федерации (ст. 2 Федерального закона «О техническом регулировании») риск определен как «вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда».

В терминах математической статистики риск - это мера опасности, которая фактически определяется как математическое ожидание ущерба.

Международным Обществом по механике грунтов и геотехнике (ISSMGE), совместно с техническим комитетом по оценке и управлению рисками (TC32), на основе IUGS (1997), ICOLD (2003), и национальных стандартов таких как: British Standard BS 8444, Australia-New Zealand Standard AS/NZS 4360, and Canadian Standard CAN/CSA-Q 634-91 было предложено следующее определение:

Риск (risk) - совокупная мера вероятности и ущерба от проявления опасного геологического процесса (ОГП), оказывающего воздействие на людей, инженерные сооружения и природную среду. Количественно риск оценивается выражением «Риск = Опасность x Потенциальный ущерб».

Существует более детальное количественное определение риска:

Риск = опасность × уязвимость × элементы риска (5.1)

Это уравнение включает:

- вероятность возникновения угрозы (опасность, например, вероятность активизации оползня заданной величины);
- уязвимость объектов в зоне поражения;
- ущерб в результате реализации угрозы, равный числу людей или стоимости объектов (элементов риска) в зоне поражения;

Краеугольными в вышеизложенной формулировке риска являются определения терминов «опасность» и «уязвимость».

В настоящее время существуют два принципиально разных подхода к определению опасности:

- потенциально разрушительное событие, физическое явление и/или деятельность человека, которая может вызвать потерю жизни или ранение людей, материальный ущерб, социально-экономические разрушения или деградацию окружающей среды.

- вероятность реализации угрозы;

Первый подход определяет опасность как потенциальный источник (физический процесс или воздействие) возникновения ущерба. При этом термин опасность становится синонимом угрозы, под которой, согласно понимается - природное явление (существующее, например, глубинная ползучесть грунтов, или потенциально возможное, такое как обвал), которое может причинить ущерб. Угроза может быть описана в категориях геометрических и физических характеристик, которые могут быть изучены, например, в процессе инженерных изысканий. Следует заметить, что понятие угрозы не предполагает никаких прогнозов.

Глоссарий UN ISDR по снижению риска стихийных бедствий использует именно это толкование термина «опасность».

Этот подход нашел свое отражение и в российских нормативных документах.

Согласно ОДМ 218.2.030-2013 «Методические рекомендации по оценке оползневой опасности на автомобильных дорогах», оползневая опасность - это угроза развития оползневого процесса, способного причинить ущерб здоровью людей, объектам дорожного хозяйства.

Согласно «Рекомендаций по оценке геологического риска на территории г. Москвы», опасность – это процесс, свойство или состояние природы, общества или техники, представляющие угрозу для жизни или благосостояния людей, объектов экономики или окружающей среды.

Аналогичный взгляд на опасность используется в СНиП 22-01-95 «Геофизика опасных природных воздействий».

Второй подход определяет оползневую опасность как вероятность активизации опасного процесса заданной величины, в заранее определенный период времени и в определенном месте. Это определение включает в себя понятия пространственного положения, величины или интенсивности и повторяемости. При таком взгляде на опасность, она не является синонимом угрозы, а представляет собой вариант прогноза развития оползней.

Не менее важным понятием является «уязвимость». Обзор литературы свидетельствует об отсутствии естественнонаучных подходов к проблеме уязвимости при исследованиях риска от воздействия оползней. Существующие подходы к оценке уязвимости были заимствованы из технических исследований.

В рамках Глоссария UN ISDR по снижению риска стихийных бедствий термин «уязвимость» рассматривается как "характеристика и особенности общества, системы или материального актива, которые делают их восприимчивыми к разрушительному воздействию опасности".

Согласно уязвимость – уровень ущерба для элемента или группы элементов риска в зоне реализации угрозы. Измеряется по шкале от 0 (отсутствие ущерба) до 1 (абсолютный ущерб). Под элементами риска понимаются люди, здания, инфраструктура, природная среда, подверженная опасному природному процессу (ОПП) на рассматриваемой территории.

Собственно термин «оценка риска» трактуется как "общий процесс анализа риска и его оценивания". Глоссарий UN ISDR по снижению риска стихийных бедствий дает более развернутое определение термина «оценка риска», под которым подразумевается "методология определения природы и степени риска на основе анализа потенциальных опасностей и оценки существующих условий уязвимости, сочетание которых потенциально может привести к ущербу здоровью людей, потерям собственности, услуг, средств к существованию и ущербу окружающей среде".

5.2. Оцениваемые виды риска

Различают следующие виды риска:

- *физический риск* – оценка проводится в физическом выражении, в количестве объектов-реципиентов риска, которым потенциально может быть нанесен ущерб при стихийном бедствии (например, количество домохозяйств, зданий и т.д.) в течение заданного промежутка времени;

- *экономический риск* – оценка проводится в денежном выражении (например, в долларах США и др.) потенциального ущерба при стихийном бедствии в течение заданного промежутка времени или в процентном выражении доли потенциального ущерба от общей стоимости объектов-реципиентов риска (в случае, когда определение в денежном выражении невозможно в связи с отсутствием сведений о стоимости единичного объекта-реципиента риска);

- *социальный риск* – оценка проводится в количестве человек, которые потенциально могут погибнуть/пострадать в результате чрезвычайной ситуации в течении заданного промежутка времени.

Важным элементом в риск-анализе является понятие удельного риска, под которым понимается *риск* – (физический или экономический), приведенный к единице площади.

В рамках представленной работы определялся именно удельный риск.

5.3. Методика исследований

При оценке рисков от оползневых процессов был использован метод количественной оценки на основе анализа ущерба и потерь (АУП), который ориентирован, в первую очередь, на определение экономического ущерба от оползневого процесса и риска возможных социальных потерь. Рассматриваемый подход отличается системностью и включает вероятностную оценку оползневой опасности при совместном анализе условий потенциального развития оползневой опасности и анализе уязвимости техногенных объектов и уровнем возможных социальных потерь.

5.4. Оценка интенсивности оползневых процессов

Оценка интенсивности оползневых процессов была выполнена на основе районирования территории по оползневой опасности.

Оценка надежности карт оползневой опасности, на основе отношения правдоподобия.

С 2005 г. по 2015 г. в районе исследований в процессе полевых исследований было идентифицировано проявление 641 оползня.

Отношение правдоподобия (ОП) позволяет оценивать неизвестные параметры, основанные на известных результатах. В рамках рассматриваемой проблемы, на основе известного распределения оползней выполним оценку интегрированного показателя восприимчивости территории к оползневому процессу или, иными словами, оценим адекватность выделенных зон при районировании оползневой опасности. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$ОП = \frac{\% \text{ оползней}}{\% \text{ площади}} \quad (5.4)$$

Согласно (Saro L. 2004) случай, когда ОП больше 1, означает высокую вероятность нахождения оползня на рассматриваемом участке территории и наоборот, если это отношение меньше 1, то вероятность нахождения оползня низкая. Результаты оценки ОП, для полученных при оценке оползневой опасности зон, приведены на рис. 5.5,

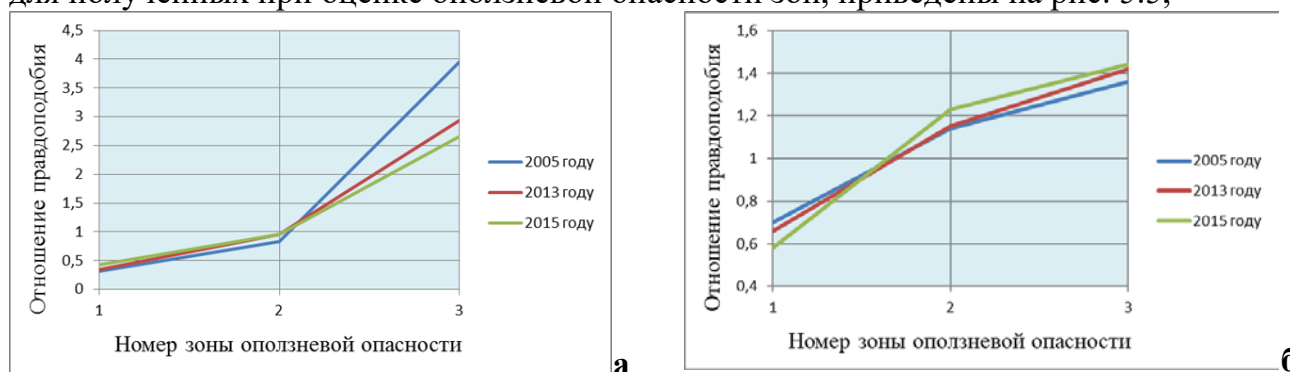


Рис. 5.5. Отношение правдоподобия для выделенных зон оползневой опасности: а) на основе способа взвешенных сумм; б) на основе способа взвешенных произведений

Как видно из рисунка 5.5, ОП имеет значение больше 1 в зонах с высокой и средней оползневой опасностью и составляет меньше 1 для зоны с низкой оползневой опасностью. Выполненное районирование оползневой опасности достаточно правдоподобно характеризует рассматриваемую территорию. Однако, анализ результатов районирования, полученных с использованием различных подходов (способа взвешенных сумм и способа взвешенных произведений) показал, что способ взвешенных произведений позволяет

получить более равномерное распределение зон с различной оползневой опасностью по площади исследуемой территории.

Учитывая большую объективность информации по оползневой опасности территории, полученной способом взвешенных произведений оценка интенсивности оползневого процесса (количество оползней за 1 год на 1 км²) была выполнена на основе карты оползневой опасности, полученной с использованием предложенного подхода (табл. 5.3).

Таблица 5.3.

**Оценка интенсивности оползневого процесса на основе
способа взвешенных произведений**

Зона оползневой опасности	Площадь зоны (КМ ²)	Количество накопленный оползней в 10 лет (от 2005 до 2015 году)	Интенсивность оползневой опасности, кол-во оп/км ² в год
Первая	871	170	17
Вторая	583	237	24
Третья	496	235	24

5.5. Оценка уязвимости и ущерба от оползневого процесса

Оценка уязвимости для природных опасностей выполняется по результатам прогнозирования их интенсивности для рассматриваемых территорий сельскохозяйственного, специального или иного назначения (далее территории), отдельных населенных пунктов, групп зданий и сооружений в их пределах, объектов инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры (далее сооружений), незастроенных территорий общественно-делового, производственного, рекреационного назначения, а также для населения, относительно постоянно или периодически находящегося в пределах перечисленных выше объектов-реципиентов риска.

Для оценки рисков от оползневого процесса был использован подход, предложенный А.Л.Рагозиным, и, в дальнейшем, вошедший в Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы. Риск, вызванный негативным событием А, можно определить по выражению (5.5):

$$R(A) = P(A) * P_s(A) * V(A) \quad (5.5)$$

где R (A) - риск, вызванный негативным событием А; P(A) – повторяемость опасности А в пределах определенной по площади территории, численно равная ее статистической вероятности (случаев/год); P_s(A) - вероятность поражения оцениваемого объекта опасностью А; V(A) - уязвимость оцениваемого объекта для опасности А.

В большинстве случаев при региональной оценке рисков от оползневых процессов, величины P_s(A) и V(A) оценить достаточно сложно. По этой причине, предпочтительней пользоваться следующей формой выражения (5.6):

$$R(A) = P(A) * W(A) \quad (5.6)$$

где W (A) = P_s(A) * V(A) - возможный ущерб от опасности А.

За 40-летний период (с 1965 по 2006 г.) в результате развития оползней на территории северо-западной части провинции Лаокай погибло более 150 человек и было разрушено свыше 360 домохозяйств.

Наиболее полные данные по ущербу от оползневых процессов для исследуемой территории были получены в 2004 году (таблица 5.4). По этой причине для оценки рисков от оползневых процессов были использованы данные за этот период.

Таблица 5.4.

Ущерб, причиненный оползнями в 2004 году

Номер*	Дата	Кол-во разрушен	Ущерб от разрушения	Ущерб от разрушения	Социальные потери	Экономический ущерб
--------	------	-----------------	---------------------	---------------------	-------------------	---------------------

участка		-ных зданий	дорожной сети	я с/х угодий		(\$ US)
1	15.05.2004		100 метров			21193
2	2004	3 дома			7 чел.	9211
3	13.09.2004	4 дома			23 чел.	12280
4	2004	1 дома				3809
5	20.11.2004				2 чел.	
6	2004			0,7 га		1316

5.6. Оценка риска от оползневого процесса

Для оценки риска от оползневого процесса была использованы следующая информация:

- Интенсивность развития оползневых процессов.
- Реципиенты риска (например, общее количество зданий).
- Ущерб (количество разрушенных зданий).

Расчет был выполнен на основе формулы (5.6). Результаты оценки физического риска представлены в таблицах 5.5; 5.6; 5.7и 5.8 экономического риска в таблице 5.9, социального риска в таблице 5.10.

Таблица 5.5.

Оценка риска от оползневых процессов для зданий

Зона оползневой опасности	Интенсивность, кол-во оп/км ² в год	Количество разрушенных зданий	Общее количество зданий	Площадь	Риск
низкая	17	0	4408	871	0
средняя	24	4	4077	583	4,04*10 ⁻⁵
высокая	24	4	24853	496	7,79*10 ⁻⁶
СУММА		8	33338	1950	

Таблица 5.6.

Оценка риска от оползневых процессов для дорог

Зона оползневой опасности	Интенсивность, кол-во оп/км ² в год	Протяженность разрушенных дорог	Общее количество дорог	Площадь	Риск
низкая	17	0	361	871	0
средняя	24	0,1	305	583	1,35*10 ⁻⁵
высокая	24	0	693	496	0
СУММА		0,1	1359	1950	

Таблица 5.7.

Оценка риска от оползневых процессов для с/х угодий

Зона оползневой опасности	Интенсивность, кол-во оп/км ² в год	Площадь выведенных из оборота с/х угодий	Общее количество с/х угодий	Площадь	Риск
низкая	17	0	146	871	0
средняя	24	0	251	583	0
высокая	24	0,7	127	496	2,67*10 ⁻⁴
СУММА		0,7	524	1950	

Оценка полного физического риска осуществлялась по формуле:

$$R_{\text{полный}}(A) = R_{\text{зданий}}(A) + R_{\text{дорог}}(A) + R_{\text{с/х}}(A) \quad (5.7)$$

Таблица 5.8.

Оценка полного физического риска от оползневых процессов

Зона оползневой опасности	Риск от оползневых процессов для зданий	Риск от оползневых процессов для дорог	Риск от оползневых процессов для с/х угодий	Полный удельный физический риск
низкая	0	0	0	0
средняя	$4,04 \cdot 10^{-5}$	$1,35 \cdot 10^{-5}$	0	$5,39 \cdot 10^{-5}$
высокая	$7,79 \cdot 10^{-6}$	0	$2,67 \cdot 10^{-4}$	$2,75 \cdot 10^{-4}$

Таблица 5.9.

Оценка экономического риска от оползневых процессов

Зона оползневой опасности	Интенсивность	Экономический ущерб	Общее количество долл. США	Площадь	Риск
низкая	17	0	22760020	871	0
средняя	24	33473	27436570	583	$5,02 \cdot 10^{-5}$
высокая	24	14336	229682404	496	$3,02 \cdot 10^{-6}$
СУММА		47809	279.878.994	1950	

Таблица 5.10.

Оценка социального риска от оползневых процессов

Зона оползневой опасности	Интенсивность	Число погибших и пострадавших	Общее количество люди	Площадь	Риск
низкая	17	0	20254	871	0
средняя	24	23	18749	583	$5,05 \cdot 10^{-5}$
высокая	24	9	114200	496	$3,81 \cdot 10^{-6}$
СУММА		32	153203	1950	

Определение уровня риска от оползневого процесса

В данном исследовании, уровни риска от оползневых процессов были определены на основе анализа распределения R (рис. 5.7) с использованием классификации по методу естественных границ.

В результате для метода АУП были определены следующие зоны:

- первая зона: $R = 0 - 3 \cdot 10^{-6}$; характеризуется низкой риска от оползневых процессов;
- вторая зона: $R = 3 \cdot 10^{-6} - 5,5 \cdot 10^{-5}$; характеризуется умеренной риска от оползневых процессов;
- третья зона: $R > 5,5 \cdot 10^{-5}$; характеризуется высокой риска от оползневых процессов.

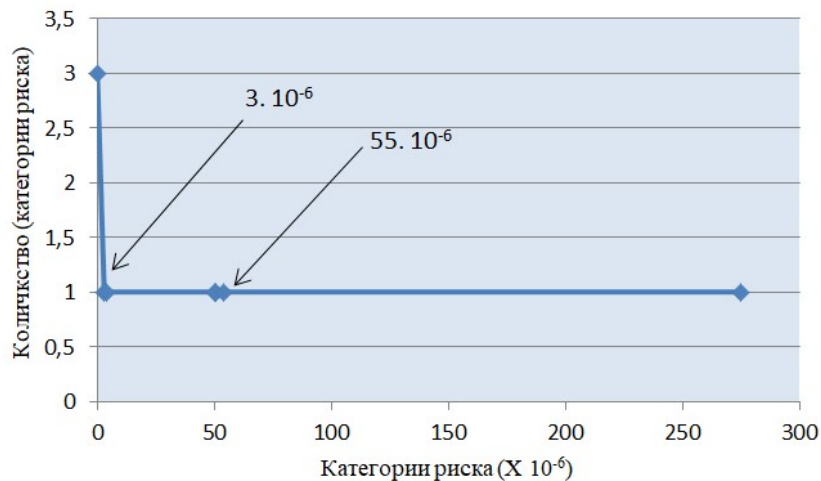


Рис. 5.7. График распределения категории риска

Таблица 5.11.

Матрица риска и зона оползневой опасности

Зона оползневой опасности	Степень риска		
	Полный физический	Экономический	Социальный
Первая	низкий	низкий	низкий
Вторая	средний	высокий	высокий
Третья	высокий	средний	средний

5.7. Оценка надежности риска, на основе отношения правдоподобия

Отношение правдоподобия (ОП) позволяет оценивать неизвестные параметры, неявно учитываемые при анализе известных результатов. В рамках рассматриваемой проблемы, на основе известного распределения ущерба и выполненной оценки риска от оползневых процессов была проведена верификация выделенных зон при районировании риска. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$\text{ОП} = \frac{\% \text{ ущерба}}{\% \text{ площади}} \quad (5.8)$$

Результаты оценки ОП приведены на рис. 5.8, а так же в таблице 5.12.

Таблица 5.12.

Оценка отношения правдоподобия

Риск	Зона оползневой опасности	Площадь зоны	Количество ущерба	% ущерба	% площади	ОП	Степень риска
Физический	Первая	416	0	0	44,67	0	низкий
	Вторая	1306	4,1	46,6	29,9	1,6	средний
	Третья	228	4,7	53,4	25,43	2,1	высокий
	Сумм	1950	8,8	100	100		
Социальный	Первая	416	0	0	44,67	0	низкий
	Вторая	1306	23	71,9	29,9	2,4	высокий
	Третья	228	9	28,1	25,43	1,1	средний
	Сумм	1950	32	100	100		
Экономический	Первая	416	0	0	44,67	0	низкий
	Вторая	1306	33473	70	29,9	2,34	высокий
	Третья	228	14336	30	25,43	1,18	средний
	Сумм	1950	47809	100	100		

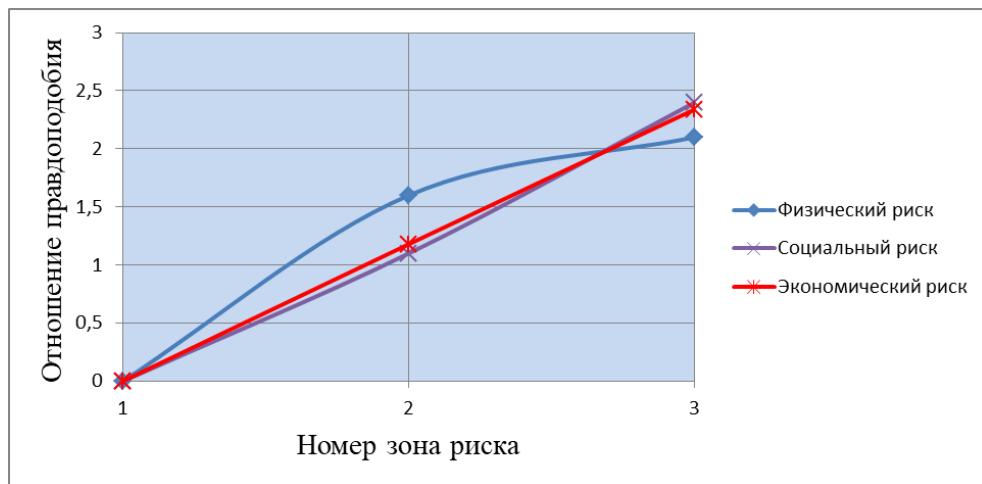


Рис 5.8. Отношение правдоподобия для риска от оползневой опасности

Случай, когда ОП больше 1, означает высокую вероятность причинения ущерба при активизации оползневых процессов, и наоборот, если это ОП меньше 1, то вероятность нанесения ущерба низкая. Из представленной таблицы видно, что для территорий с высокой степенью риска от развития оползней полученные значения ОП существенно выше 1. Для территорий со средней степенью риска от развития оползней полученные значения ОП колеблются от 1,1 до 1,6, в то время как для территорий с низкой степенью риска от развития оползней значения ОП имеют нулевые значения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оползневой процесс изучается уже не одно столетие. Несмотря на это до сих пор не выработано единого взгляда на основные аспекты оползневедения. Данный факт проявляется в большом количестве существующих определений, классификаций, представлений о причинах, факторах и критериях процесса, механизмах его развития.

Региональное прогнозирование оползневых процессов может быть как качественным так и количественным и строиться, как на вероятностном, так и на детерминированном подходах. Перспективным направлением является использование технологий основанных на геоинформационных системах (ГИС), позволяющих выполнить комплексный прогноз региональной оползневой опасности.

Исследование оползнеобразующих факторов и выявление взаимосвязей между ними дает возможность построить модель оценки оползневой опасности. Основными параметрами оползневого процесса, определяющими активизацию оползней региона северо-западной Лаокай являются:

- 1) крутизна склонов;
- 2) горизонтальное расчленение рельефа;
- 3) вертикальное расчленение рельефа;
- 4) литологические разности грунтов;
- 5) гидрогеологические условия;
- 6) расстояние от активных разломов;
- 7) количество осадков;
- 8) тип растительности.

В результате исследования была выполнена региональная оценка оползневой опасности района северо-западный Лаокай, с использованием модифицированного метода анализа иерархий.

Основные результаты и выводы заключаются в следующем:

- Предложенная модификация МАИ, позволяет избавиться от субъективности экспертных оценок при оценке региональной оползневой опасности территорий;
- Выполненное районирование позволило разделить территорию исследования на зоны с различной степенью оползневой опасности, при этом выявлено, что самой высокой оползневой опасностью обладают склоны, сложенные тектонически нарушенными глинистыми сланцами, песчаниками и алевролитами, самой низкой – ненарушенными интрузивными породами;
- Оценка отношения правдоподобия показала надежность полученных результатов;
- Анализ результатов районирования, полученных с использованием различных подходов (способа взвешенных сумм и способа взвешенных произведений) показал, что способ взвешенных произведений позволяет получить более равномерное распределение зон с различной оползневой опасностью по площади исследуемой территории;

При внедрении МАИ в практику инженерно-геологических исследований необходимо учитывать следующие моменты:

- Данный метод не учитывает специфические условия отдельных оползневых участков, например процесс подготовки и зарождения оползня рассматривается исходя из статистических данных, а не на основе инженерно-геологической информации.
- Принципиальным допущением является предположение о том, что будущие активизации оползневого процесса вероятнее всего произойдут при условиях, которые стали причиной потери устойчивости склонов в прошлом и настоящем, хотя факторы, инициирующие оползни, могут со временем изменяться и главным образом это связано с техногенным воздействием;
- Некоторые факторы оползнеобразования могут не являться независимыми друг от друга, и поэтому существует возможность их автокорреляции или “двойного учета”.

Однако, основным выводом является признание эффективности использования МАИ при районировании территорий, подверженных воздействию оползневого процесса, а полученные данные по оползневой опасности не только можно, но и необходимо учитывать при планировании хозяйственного освоения территории.

Строительство объектов в горной местности сопровождается непременными подрезками оползнеопасных склонов, устройством дополнительных дорог и площадок для подъезда техники и размещения оборудования, что способствует формированию и активизации склоновых процессов, к которым относятся оползни. Для обеспечения безопасности строительства и функционирования объектов на оползнеопасных территориях требуется устройство мероприятий инженерной защиты, важнейшим этапом разработки которых является анализ рисков. Данный подход позволяет как минимизировать возможные экономические потери от оползневых процессов, так и оптимизировать комплекс создаваемой противооползневой защиты. Одним из важнейших элементов рисканализа является оценка ущерба от негативного воздействия. Закладываемый в проектирование объектов инженерной защиты принцип целесообразности основан на том, что ее стоимость не должна превышать возможный ущерб. Выполненный в главе обзор ущерба от оползневых процессов в провинции Лаокай может быть в дальнейшем использован для принятия обоснованных управленческих и административных решений по минимизации оползневых рисков на основе (технического, экономического) проектирования и реализации мероприятий по инженерной защите рассматриваемой территории.

В результате проведенных исследований была выполнена региональная оценка риска от оползневых процессов района северо-западный Лаокай, с использованием метода анализа ущерба и потерь (АУП).

Основные результаты и выводы заключаются в следующем:

- Метод АУП, позволяет исключить из анализа субъективность экспертных оценок при оценке риска от оползневых процессов территорий;
- Верификация полученных результатов на основе оценки отношения правдоподобия показала надежность полученных результатов.

Публикации

Публикации в журналах из перечня ВАК

1. Нгуен Ч.К., Фоменко И.К., Пендин В.В., Нгуен К.Т. Применение метода анализа иерархий при региональной оценке оползневой опасности (на примере района северо-западный Лаокай, Вьетнам). Геоинформатика, №2, 2017. С.53-66.
2. Нгуен Ч.К., Фоменко И.К., Зеркаль О.Б., Пендин В.В. Оползни северного вьетнама и борьба с ними (на примере северо-западной части провинции Лаокай). ГеоРиск, №3, 2017. С. 42-49.

Доклады и тезисы на международных и российских конференциях

1. Фоменко И.К., Пендин В.В., Нгуен Ч.К. Оценка ущерба, опасности и риска от оползневых процессов (на примере северо-западного Вьетнама). Конференция: «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации» Москва, 2017. С. 27-34.
2. Нгуен Ч.К., Фоменко И.К., Пендин В.В. Обзор истории изучения оползневого процесса во Вьетнаме. Конференция: «Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее» Москва, 2018. С. 264-265.
3. Нгуен Ч.К., Фоменко И.К., Пендин В.В. Инженерно-геологические условия, определяющие развитие оползневого процесса в северо-западной части провинции Лаокай (Вьетнам). Конференция: «Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее» Москва, 2018. С. 266-267.
4. Nguyen Q.T., Nguyen T.Y., Nguyen V.H., Tran T.H., Vy T.H.L., Nguyen T.K. Landslide potential of the Eastern slopes of Hoang Lien Son mountain range (Bat Xat and Sa Pa districts and Lao Cai city). International conference “Tectonics of the Red river fault zone and geology of Northern VietNam”. Ha Noi, 2009. P45-46.