

На правах рукописи

ПАРАМОНОВ Дмитрий Андреевич

**МЕТОДИКА РАЗНОМАСШТАБНОГО
КАРТОГРАФИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ
ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ
ПРИЭЛЬБУСЬЯ**

25.00.33 - Картография

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук**

Москва 2005

Работа выполнена на кафедре картографии и геоинформатики географического факультета Московского государственного университета им М. В. Ломоносова

Научный руководитель: Кандидат географических наук,
доцент С.В. Чистов

Официальные оппоненты: Доктор технических наук,
профессор А.И. Мартыненко

Кандидат географических наук,
с.н.с. Т.Г. Глазовская

Ведущая организация: Институт Географии РАН

Защита состоится 15 декабря в 15:00 на заседании диссертационного совета по геоморфологии и эволюционной географии, гляциологии и криолитологии Земли, картографии, геоинформатике (Д-501.001.61) в Московском государственном университете им М. В. Ломоносова по адресу: 119899, Москва, ГСП-2, Ленинские Горы, МГУ, географический факультет, аудитория 2109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке географического факультета МГУ на 21 этаже географического Факультета МГУ по адресу: 119899, Москва, Ленинские Горы, Главное здание МГУ, географический факультет.

Автореферат разослан 15 ноября 2005г.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью) просим отправлять по адресу 119899, Москва, ГСП-2, Ленинские Горы, МГУ, географический факультет.

Факс: (095) 939-38-01. e-mail: geogco@geogrmsu.su

Ученый секретарь
диссертационного
совета,
профессор

Ю.Ф. Книжников

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность темы исследования. Интенсивное освоение горных территорий и деградация оледенения часто приводят к увеличению селевой активности. Проблема исследования селевых потоков в целях прогноза и оценки селевого воздействия многогранна и востребована проектными институтами, управленческими структурами и организациями ориентированными на устранение и предотвращение чрезвычайных ситуаций. Изучение селевого процесса и условий формирования селей не ограничивается рамками селеведения и охватывает широкий спектр научных дисциплин, таких как гидрология, геология, геоморфология, метеорология, ландшафтоведение, картография и др. Особое место среди вышеперечисленного занимает картография. Картографический вид представления является наиболее наглядным и позволяет визуализировать результаты исследовательских работ и проектных решений с целью дальнейшего пространственного анализа и прогноза. В настоящее время сформирован ряд подходов к картографированию селей, которые легли в основу данной работы.

Целью диссертационной работы является разработка методики разномасштабного картографирования условий формирования селей с использованием новейших инструментальных средств и передовых геоинформационных технологий.

На основе данной цели были выделены следующие задачи:

- Проанализировать опыт картографирования условий формирования селей и существующие подходы.
- Исследовать возможности и особенности применения различных пакетов программ и технических средств для картографирования на различных масштабных уровнях.
- Разработать методику комплексного картографирования условий формирования селей на основе геоинформационных

технологий и оценить методические различия при картографировании на разных масштабных уровнях.

- Разработать методику аэрофотосъемки с летательных аппаратов категории сверхлегкой авиации в целях картографирования очагов формирования селей.

- Продемонстрировать возможности пространственного анализа разработанной серии карт условий формирования селей на основе современных ГИС-пакетов.

Методика исследования. Настоящие исследования основаны на подходах к комплексному картографированию селей и научно-исследовательских принципах, заложенных в трудах В.Ф.Перова, С.М.Флейшмана, А.И.Шеко, Б.А.Парамонова и других авторов, на научно-методических принципах тематического картографирования, раскрытых в фундаментальных трудах К.А.Салищева, А.М.Берлянта, достижениях геоинформационных технологий в области разработки содержания карт и обработки исходных данных. Разработка методики картографирования базировалась на личных исследованиях автора за период 2000-2004 гг. В работе использовались картографические материалы, предоставленные лабораторией лавин и селей географического факультета МГУ, И.А. Лабутиной и С.С. Черноморцем, а также материалы публикаций, посвященных объекту исследования.

Структура диссертационной работы охватывает процесс разработки карт условий формирования селей от начального этапа обработки исходных данных до оформления конечного результата. Методика картографирования строится на едином подходе, что позволяет оценить методические особенности составления карт для различных селевых бассейнов и масштабных уровней. В основу работы заложен картографический метод исследования. Представление условий формирования селей в картографическом виде открывает широкие возможности для мониторинга и пространственного анализа. Методика картографирования, исходные

материалы, масштаб, содержание и назначение карт условий формирования селей тесно взаимосвязаны между собой. Карты, составленные на масштабных уровнях 1:2 000 - 1:5 000, 1:25 000 - 1:10 000 и 1:100 000, несмотря на единый подход к разработке содержания, имеют существенные различия, обусловленные различным охватом и особенностями картографирования условий формирования селей. В диссертационной работе посредством последовательного увеличения охвата картографируемых участков и уменьшения масштаба проведено исследование особенностей построения содержания карты, подходов к обработке и подготовке исходных данных. А также произведена оценка возможностей пространственного анализа карт и мониторинга селеопасных объектов. Все карты данной серии составлены на основе методов и приемов геоинформационного картографирования, что позволило опробовать разработанные автором методические решения, направленные на повышение наглядности и информативности.

В рамках данной работы автором была разработана и реализована методика оперативной аэрофотосъемки очагов формирования селей на базе летательных аппаратов категории сверхлегкой авиации в комплексе с наземными методами инструментальной съемки.

Научная новизна. В результате обобщения опубликованных материалов и оригинальных авторских исследований впервые:

- Разработана методика геоинформационного картографирования очагов формирования селей на базе аэрофотоснимков, полученных со сверхлегких летательных аппаратов. Реализована экспериментальная аэрофотосъемка с использованием летательных аппаратов категории сверхлегкой авиации.
- Разработана методика комплексного картографирования условий формирования селей в масштабе 1:10 000- 1: 25 000 на основе современных геоинформационных технологий. Предложенный подход картографирования условий формирования селей

апробирован на примере составления среднемасштабной карты района Приэльбрусья.

- Разработана система разномасштабных компьютерных карт условий формирования селей: района Приэльбрусья, бассейна реки Герхожан-Су, Камык-Су; очага формирования селя в верховьях реки Адыл-Су; очага формирования селя в верховьях реки Герхожан-Су, а также карта оценки последствий схода катастрофического селя в районе города Тырнауз.
- Обоснована целесообразность разработки системы карт условий формирования селей на район очага формирования селей, селевого бассейна и селевого района.

Диссертационная работа Д.А. Парамонова представляет собой квалификационную работу.

Практическая ценность проведенных исследований заключается в разработке научно-методических подходов к картографированию условий формирования селей горных районов на различных масштабных уровнях. Предложенная методика картографирования в масштабе 1:2 000-1:5 000 востребована в первую очередь проектными институтами и региональными трестами инженерных изысканий, направление деятельности которых заключается в проектировании и осуществлении контроля над существующими защитными сооружениями. В научно-исследовательских работах карты, составленные по предложенной методике, могут служить основой для решения задач моделирования динамики селевых потоков в зоне воздействия и прорывных паводков в районе очага формирования селя. Разработанная методика аэрофотосъемки и фотограмметрической обработки полученных аэрофотоснимков для данного масштабного уровня пригодна для широкого спектра задач, в которых используется в качестве основы топографический план масштаба 1:2000.

Картографирование на масштабном уровне 1:10 000-1:25 000 позволяет осуществлять контроль за состоянием очага формирования селя, селевого

русла и зоны воздействия селевых потоков. Данный масштабный уровень предназначен для картографирования всего селевого бассейна, что позволяет исследовать селевой процесс на всем протяжении русла и осуществлять комплексный мониторинг бассейна.

Карты условий формирования селей, составленные по предложенной методике в масштабах 1:100 000-1:200 000, несут в себе региональный характер. Они позволяют определять «зоны риска», планировать меры по минимизации ущерба, могут быть использованы для составления долгосрочного прогноза и анализа процессов селепроявлений.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, приложений, включающих серию составленных карт условий формирования селей и списка использованной литературы. Работа содержит 147 страниц машинописного текста, 49 иллюстраций. Библиография включает 101 наименование.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на Международных научных конференциях: на 9-ой конференции пользователей ESRI (Голицыно 2003), на 30 международном симпозиуме дистанционного зондирования среды (30th International Symposium on Remote Sensing of Environment) проходившей в Гонолулу в 2003г. а также на 4-ой международной конференции (Владикавказ, 2003).

Автор выражает особую благодарность за помощь в формировании структуры работы С.В. Чистова, И.А. Лабутину, В.Ф. Перова, С.С. Черноморца за содействие в написании работы и консультации О.И. Бударину, О.В. Тутубалину, И.А. Крыленко. Также автор выражает благодарность И.А. Рыльскому, А.А. Алейникову и А.Ю. Ротарь за помощь в подготовке и обработке исходных материалов. Автор признателен всем сотрудникам кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ за ценные замечания, высказанные в процессе исследовательской работы и ее обсуждения.

СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА КАРТОГРАФИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕЙ РАЙОНА СЕВЕРНОГО КАВКАЗА.

Наибольшая интенсивность селевых процессов достигается в южных районах России, где интенсивное таяние снега и льда сочетаются со значительным количеством осадков. Исследуемая территория находится на северном Кавказе (Приэльбрусье).

Почти во всех горных районах Кавказа за последние 80-100 лет наблюдается увеличение селевой активности, вызванное вырубкой лесов, уничтожением травостоя и усилением эрозионных процессов на склонах (Будагов, Перов и др. 1972). На Северном Кавказе распространены гляциальные сели высокой и средней интенсивности. Кавказ относится к наиболее селеопасным горным системам Российской Федерации. Селевые потоки формируются здесь ежегодно и производят разрушения населенных пунктов, путей сообщения и сельскохозяйственных площадей. (Будагов, Перов и др., 1972).

В ходе исследования селевой проблемы встал вопрос систематизации методик изучения селевых явлений, в том числе и унификации методик тематического картографирования селевых районов. Анализ результатов исследований различных авторов (Б.А. Парамонов, С.М. Флейшман, В.Ф. Перов, Э.Д. Церетели, С.Г. Рустамов, В.П. Пушкаренко и др.) и материалов, посвященных картографированию селеопасных районов, позволил выделить основные направления и картографические методы создания подобных карт.

Селевые явления имеют сложный генезис, обусловленный комплексным взаимодействием ряда факторов. Для реализации в полной мере задачи картографирования условий формирования селей недостаточно произвести классификацию и реализовать картографирование отдельных типов. Сложный характер взаимодействия жидкой и твердой фаз вынуждает

рассматривать условия с учетом взаимного влияния друг на друга. Требуется реализовать не только картографирование объектов, задействованных в селеформировании, но и комплекс процессов, связывающих различные типы условий между собой. Крайне непростой задачей является определение роли факторов в селеформировании.

На наш взгляд к картографированию условий формирования селей следует подходить исходя из поставленной задачи. Для мониторинга селей предпочтительно комплексное отображение следующих групп условий:

- Геоморфологических,
- Гляциологических,
- Гидрологических.

Отражение основных процессов на карте в сочетании с изолиниями рельефа на наш взгляд позволяет получить пользователю объективную картину селевого бассейна.



Рис. 1 Схема разработки карт условий формирования селей.

На представленной схеме (рис. 1) видно, что содержание карты определяется на основе взаимовлияющих блоков: источников материалов, масштабного уровня, размеров и характеристик исследуемого участка. Назначение карты обуславливает выбор картографируемого участка,

информационную нагрузку, а также количественные и качественные характеристики объектов, которые необходимо отобразить на карте.

Анализ различных точек зрения по вопросу картографирования условий формирования селей позволил сделать вывод о необходимости применения комплексного подхода к картографированию факторов селеформирования. Карта должна позволять пользователю производить оценку влияния факторов на формирование селевого потока и его характеристики, рассматривать группы факторов, как в отдельности, так и комплексно, опираясь не на результаты классификации, а обращаясь непосредственно к качественным и количественным характеристикам объектов. За столетнюю историю исследования Приэльбрусья накоплен значительный объем материалов, на основе которых на сегодняшний момент стало возможно реализовать предложенные подходы к картографированию условий селеформирования.

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА КАРТОГРАФИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕЙ В МАСШТАБЕ ПЛАНА (1:2000)

В настоящее время, большинство ледников Северного Кавказа находятся в стадии интенсивной деградации. Отступление ледников в перигляциальной зоне создает условия для формирования подпрудных озер и массивов мертвых льдов (Сейнова, 1997). При сочетании определенных условий в результате прорыва подпрудного озера возможен сброс значительного объема водной массы, что может послужить триггером формирования катастрофического селя.

Вопросы картографирования условий формирования селей в масштабе планов являются на сегодняшний день малоисследованными. Одной из основных проблем является получение исходных материалов требуемой информативности и геометрической точности. Очаги формирования селей, как правило, находятся в труднодоступных горных районах. Сильно-расчлененный рельеф и сложные геоморфологические условия создают дополнительные трудности при картографировании объектов, задействованных в селеформировании.

При всех плюсах фототеодолитной и тахеометрической съемки данные методы, применительно к задаче тематического картографирования, существенно уступают аэрофотосъемке. Неоспоримым достоинством аэрофотосъемки является оперативность, возможность проведения многозональной съемки и получения в результате плановых аэрофотоснимков и стереопары. Существенным недостатком, ограничивающим применение аэрофотосъемки, является высокая стоимость и организационные сложности, связанные с применением авиации. В то же время, регулярное наблюдение очагов формирования селей- необходимое условие для своевременного прогноза схода селевых потоков.

Одной из альтернатив традиционной аэрофотосъемке является **использование в качестве носителя сверхлегких летательных аппаратов.** На исследуемом участке автором была апробирована разработанная автором методика аэрофотосъемки с летательного аппарата категории сверхлегкой авиации- параплана (рис. 2). Параплан является самым легким летательным аппаратом, способным удерживать в воздухе длительное время вес пилота. Аппарат представляет собой летающее крыло из специализированной ткани, жесткость которому придает давление набегающего потока воздуха (рис 2). Одной из позитивных особенностей аппарата является автостабилизация, равновесие системы достигается за счет низкого положения центра тяжести. В связи с этим, при относительно стабильной атмосфере, траектория полета является постоянной и контролируемой. Данные свойства положительно сказываются при проведении аэрофотосъемки. Применение новейших инструментальных средств на стадии полевых исследований, позволяет существенно повысить оперативность и точность картографических работ.

В разработанной методике предполагается использование элементов съемочного оборудования не находящегося в серийном производстве. В июле 2003г. автором была сконструирована платформа, рассчитанная на

установку фотокамеры на подвесную систему. Платформа устанавливается в кресло пилота.

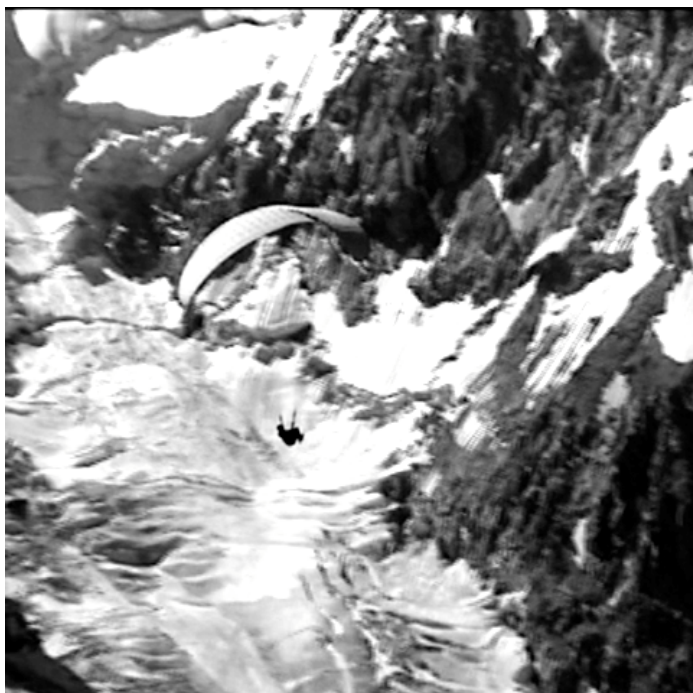


Рис. 2 Аэрофотосъемка селевого очага в верховьях р. Адыл-Су с парaplана.

Используемый аппарат был представлен в безмоторном варианте, поэтому съемка производилась в процессе планирования. Требуемая высота достигалась посредством превышения точки старта над снимаемым участком. В результате реализации данной методики удалось получить цветные аэрофотоснимки (красный, зеленый, синий каналы) разрешением 5-15 см на местности, и отклонением оси съемки от вертикали не более 5°.

После проведения аэрофотосъемки и разработки математической основы производится предварительная обработка снимков, заключающаяся в анализе покрытия и идентификации точек привязки, Создается паспорта опорных точек. Данные виды работ рекомендуется производить в полевых условиях, что позволит оценить наличие и достаточность исходных данных.

Аэрофотосъемка является одним из этапов в комплексе полевых работ, поскольку для обеспечения фотограмметрической обработки снимков и

построения сети фототриангуляции требуется произвести измерение координат опорных точек.

В разработанной методике для наземных измерений используется теодолит. Определение координат производится методом прямой или обратной засечки. Данный метод инструментальной съемки позволяет измерить координаты точек с точностью нескольких сантиметров и выше, что в случае обработки снимков разрешением 10см. является более чем достаточным. Сопоставимые по точности результаты можно также получить посредством съемки фазовыми GPS-приемниками.

В комплексе с теодолитом для приблизительной локализации опорных точек производились измерения 12-и канальным кодовым GPS-приемником на базе карманного персонального компьютера (КПК) "MIO 168 ®". КПК также используется для занесения записей и оперативного контроля качества измерений.

Обработка снимков производится средствами модуля Leica Photogrammetric Suite® пакета программ Erdas Imagine 8.7®. Функциональный набор модуля позволяет осуществлять ортотрансформирование снимков и автоматизированное построение цифровой модели рельефа на основе серии стереопар. Разработанная методика предусматривает возможность использования ряда других программных продуктов, в которых реализованы функции фотограмметрической обработки аэрофотоснимков: Photomod®, Talca®, Orima® и др.

В результате комплекса полевых и камеральных работ была получена бесшовная мозаика ортотрансформированных снимков и ЦМР (цифровая модель рельефа). На основе ЦМР были автоматизировано построены средствами ГИС изолинии рельефа с шагом 1 м. Эти данные послужили базовым материалом при составлении карты условий формирования селей в масштабе 1: 2000.

Использование аэрофотоснимков высокого разрешения во многом облегчает составление карты и позволяет передать подробно геометрию объектов с точностью соответствующей масштабу снимка. На снимках с пространственным разрешением 15 см и крупнее мы имеем возможность различать весь комплекс объектов, находящихся на поверхности. С использованием высокоточной ЦМР становится доступно дешифрирование большинства объектов, система которых образует комплекс гидрологических и геоморфологических условий формирования селей.

Подходы к разработке карт крупного масштаба зависят от назначения карт и цели их последующего использования. На подготовительном этапе исходя из назначения карты и особенностей ее использования был определен набор групп объектов. На разрабатываемых картах приоритет отдается геоморфологическим, гидрологическим и гляцио-криолитологическим условиям, поскольку именно они, наряду с климатическими, являются определяющими в процессе селеформирования.

Основное назначение данной карты - зафиксировать на определенный момент времени комплекс объектов, которые могут принять участие в селеформировании, для оценки состояния селевого очага и исследовании его динамики в будущем. Достичь данных целей можно посредством картографирования в масштабе плана 1: 2000 и крупнее.

В данной работе мы руководствовались условиями максимально возможной информативности карты и соответствия точности нанесения объектов масштабу картографирования 1:2000. Издания, посвященные разработке содержания геоморфологических карт, не затрагивают картографирование в масштабе планов. По этой причине мы произвели синтез подходов к составлению топографических планов и крупномасштабного картографирования геоморфологических элементов.

Содержание карты основано на комплексном картографировании геоморфологических, гидрологических и гляцио-криолитологических условий формирования селя (рис. 3).

Геоморфологические факторы разделены на следующие группы:

- формы рельефа обвально-осыпного генезиса,
- долинный комплекс,
- селевые формы.

Гидрологические и гляцио-гидрологические условия сочетают в себе:

- ледниковый комплекс,
- водноледниковый комплекс.

При составлении карты каждому тематическому слою соответствовал набор атрибутов, включающих информацию о типе объекта, идентификационном номере и его особенностях, что делает результаты картографирования пригодными для обработки средствами ГИС.



Рис 3. Фрагмент легенды к карте условий формирования селей масштаба 1: 2000

Классификация условий формирования селей на комплексы форм позволяет выделить основные генетические группы, к каждой из которых

выбрана цветовая гамма. Информативность карты существенно повышена за счет отображения рельефа и гидрологических характеристик.

Подпруживание озера на исследуемом участке осуществляется массивами мертвых льдов, поэтому именно этим формам уделено особое внимание. Автором была разработана методика выявления потенциально опасных участков подпрудной плотины на основе данных о рельефе подпруживающих массивов мертвого льда, высоте естественной плотины, значений уреза воды в озерах, их батиметрии (рис.4).

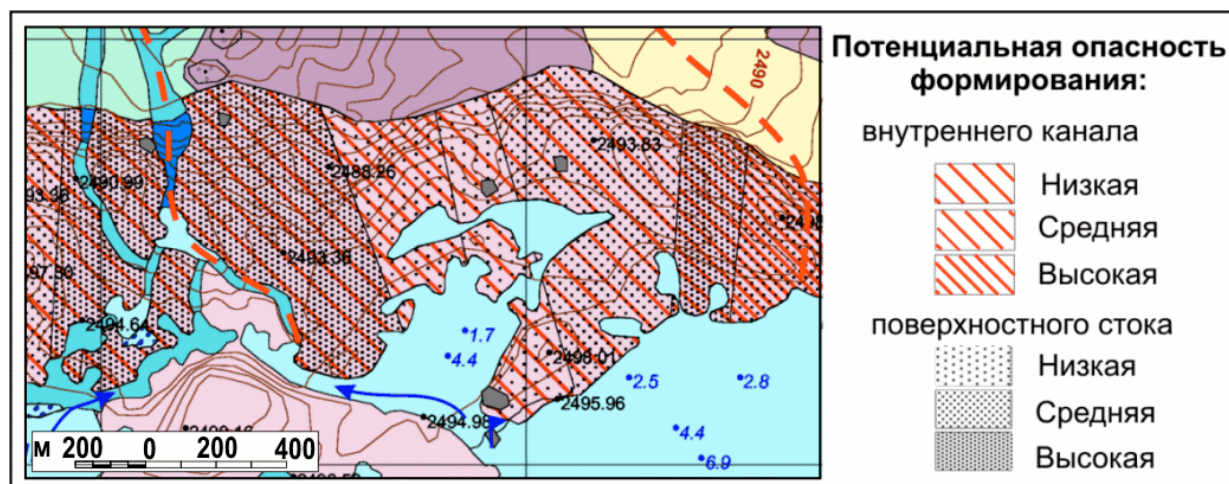


Рис. 4 Фрагмент карты и легенды к карте условий формирования селей (масштаб оригинала 1: 2000) на участок подпруживающей плотины.

При оценке использовались расчетные характеристики, рассчитанные исходя из геометрии и площади поперечного сечения естественной плотины. Данная методика призвана продемонстрировать возможности пространственного анализа на основе цифровой модели рельефа.

Использование ГИС на этапах создания карты дает возможность произвести автоматический расчет сечений плотины с требуемым шагом и использовать результаты расчетов для моделирования и прогноза прорывных процессов.

ГЛАВА 3. МЕТОДИКА КРУПНОМАСШТАБНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕЙ

Картографирование селеопасных районов в масштабе 1:10 000- 1:25 000 является перспективным направлением применения картографических методов для мониторинга, количественного и качественного анализа.

Крупномасштабное картографирование бассейна селеопасных рек позволяет контролировать состояние очагов селеформирования, русла катастрофических селей, оценивать характер воздействия, ущерб и осуществлять моделирование процессов, охватывая весь селевой бассейн.



Рис. 5 Фрагмент легенды карты условий формирования селей на бассейн реки Камык-Су масштаба 1:25 000 (С.С. Черноморец, Д.А. Парамонов).

Создание карты условий формирования селей (рис. 5) как цельного произведения позволяет путем подбора условных знаков и типа легенды добиться оптимального восприятия информации.

Отбор факторов, подлежащих отображению, логика составления легенды, разработка методики и средств составления, анализ информативности и отбор источников - все эти задачи требуется рассматривать в комплексе. На начальном этапе разработки содержания карт были проанализированы условные обозначения карт четвертичных отложений, геоморфологической, инженерно-геологической масштаба 1:25000 и другие материалы. Использовались также стандартные условные знаки для геоморфологических карт (Башенина и др., 1960) и карт четвертичных отложений (Типовые обозначения..., 1986). В результате разработана комплексная легенда, ориентированная на отображение селевых процессов и специфических условий их формирования. Структура условных обозначений карты условий формирования селей масштаба 1:2000 и 1:25000 одина и построена по принципу выделения групп факторов, представленных следующими блоками:

- Геолого-геоморфологические условия формирования селей,
- Гидрогеологические и гляцио-криолитологические условия формирования селей.

Условные обозначения разработаны с учетом комплекса типовых обозначений, относящихся к каждому разделу легенды и специального назначения карты, призванной сфокусировать внимание на объектах, задействованных в селеформировании. Поэтому, с одной стороны, в фоновой закрашке площадных объектов и в рисунке условных знаков линейных и точечных объектов сохранено максимальное сходство с соответствующими знаками топографических, геоморфологических карт и

карт четвертичных отложений. С другой стороны, селевые формы и проявления выделены красным цветом.

На карте также присутствуют элементы содержания топографических карт. К ним относятся населенные пункты и условные знаки городской застройки, гидрографическая сеть и рельеф. Рельеф является одним из ключевых факторов селеформирования, что обуславливает необходимость его отображения. Для сохранения читаемости сечение горизонталей существенно увеличено и составляет 50м, что является достаточным для получения информации о морфологии склонов.

Применимость предложенного подхода к картографированию горных районов Северного Кавказа удалось подтвердить на примере составления серии крупномасштабных карт условий формирования селей на различные селевые бассейны.

Использование современных ГИС пакетов программ сделало возможным проведение пространственного анализа картографируемых объектов на основе ЦМР. Результаты сравнительного анализа представлены в графическом и в табличном виде. Для комплексных исследований условий формирования селей в селевых бассейнах Герхожан-Су, Камык-Су, Адыл-Су были рассмотрены следующие характеристики:

- площадь распространения условий формирования селей относительно общей площади селевого бассейна,
- средневзвешенное значение крутизны склона для каждого вида объектов,
- стандартное отклонение углов наклона для каждого вида объекта,
- средневзвешенное значение абсолютной высоты поверхности условий селеформирования,
- диапазон высот для каждого вида объектов.

Анализ распределения площади поверхности объектов позволяет классифицировать бассейны по доминирующим в пространственном отношении факторам. Так, например, в селевых бассейнах расположенных

на склонах северной экспозиции отношение площади обвально-осыпных и делювиально-дефлюкционных склонов близко к $\frac{1}{2}$ тогда как для селевого бассейна, ориентированного в противоположном направлении, данное соотношение приближается к $\frac{1}{5}$. Классификационным признаком может служить также отношения площади оледенения к площади обвально-осыпных склонов, а также к площади моренных отложений голоценового возраста.

На этапе разработки методики была подтверждена необходимость ЦМР для составления крупномасштабных карт условий формирования селей, в первую очередь на этапе обработки аэрофотоснимков. С помощью автоматизированно построенной на основе ЦМР карты углов наклона, осуществляется картографирование геоморфологической группы факторов.

С помощью программ 3D Studio Max® автором был реализован ранее не использовавшийся в картографии метод «псевдорельефа», основанный на отображении структуры ортотрансформированных аэрофотоснимков в виде отмывки (Рис 6).

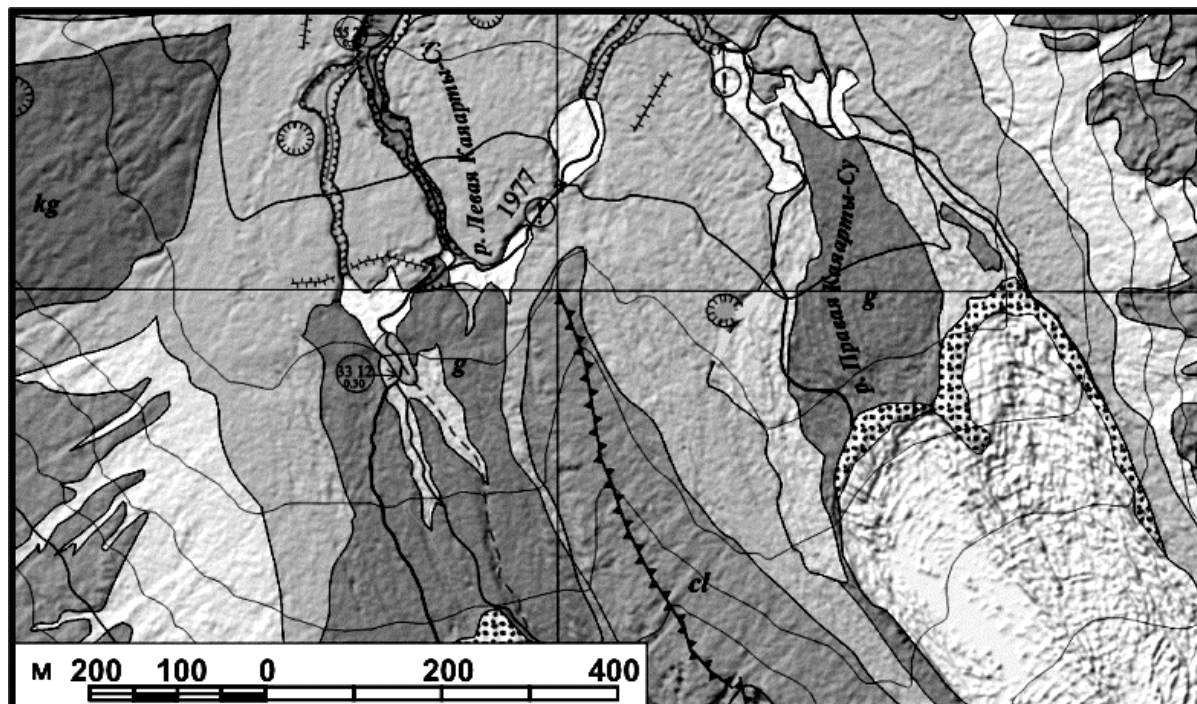


Рис. 6 Фрагмент карты очага селеформирования в районе истока р. Каяарты-Су (масштаб оригинала 1: 10 000).

В результате на карте проявились текстурные особенности внутри каждого типа контуров. В пределах границы ледника стала отчетливо видна трещиноватость, в долине реки проявились старые русловые формы, на коллювиальных склонах стала видна расчлененность рельефа. Тальвеги обвально-осыпных склонов, проявившиеся в результате наложения, позволяют судить о доминирующих направлениях миграции вещества. Одно из необходимых условий применения данного метода является равномерное освещение. Неоспоримым достоинством данного способа отображения является возможность совокупного анализа объективной реальности аэроснимка и ее интерпретации картографом-составителем.

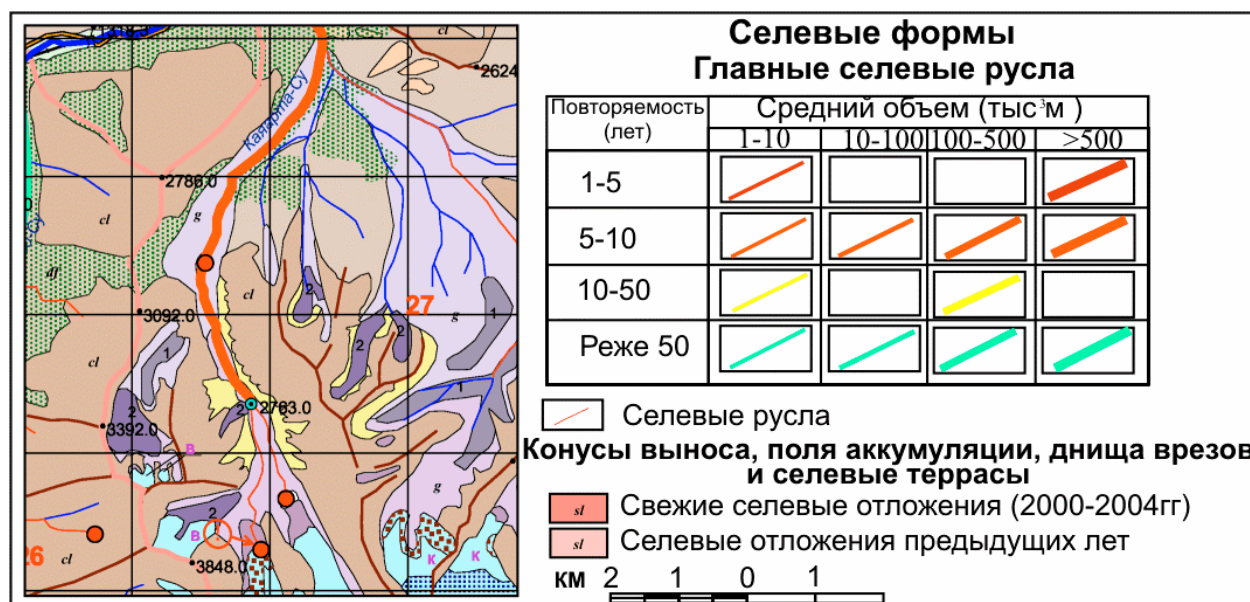
Дополнение условных обозначений, используемых при разработке крупномасштабной карты условий формирования селей, характеристиками ущерба позволяет применить представленную методику для составления карт оценки последствий схода катастрофических селей. Эти сведения представлены в специальном блоке информации на карте оценки последствий схода селевых потоков 2000г (территория г. Тырнауза) масштаба 1:10 000. Создание карты оценки последствий схода катастрофических селей 2000г. в городе Тырнауз осуществлялось по разновременным аэрофотоснимкам 1997г., полученным до схода катастрофических селей, и цифровым аэроснимкам 2000г., фиксирующим ситуацию непосредственно после схода селевого потока. Оценка последствий реализована путем показа практически всех зданий, сооружений, хозяйственных построек г. Тырнауза классифицированных по степени повреждений. Очевидно, что значительность ущерба, кроме степени повреждения, определяется также свойствами объектов. Исходя из этого, к зданиям, постройкам и дорогам была применена классификация по назначению.

Оценка последствий схода катастрофических селей методом картографического анализа позволяет оценить объемы и степень повреждения зданий и сооружений, выделить особо опасные участки и

разработать ряд профилактических мер в ходе реконструкции. Карты, составленные по предложенной методике ориентированы на дальнейшее использование, как в печатном варианте, так и в качестве слоев ГИС, в связи с чем основное содержание разрабатывалось в ГИС приложении Arc View GIS 3.2 ®.

ГЛАВА 4. МЕТОДИКА СРЕДНЕМАСШТАБНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕЙ В МАСШТАБЕ 1: 100 000.

Карта условий формирования селей, составленная с целью мониторинга, должна дать пользователю по возможности наиболее полную картину интересующего участка, района, региона, акцентируя внимание на селевой проблеме. Представленная методика картографирования, примененная при составлении карты масштаба 1:100 000, отвечает данному условию. При переходе от крупных масштабов к более мелким, производится генерализация не только контуров, но всего содержания карты.



*Рис. 7 Фрагмент карты и легенды к карте условий формирования селей
(масштаб оригинала 1:100 000).*

Особенности генерализации условий формирования селей при переходе от крупномасштабных карт (1:10 000-1:25 000) к среднемасштабной карте

проиллюстрированы на примере карты условий формирования селей масштаба 1:100 000 (рис.7). Нормы и цензы отбора факторов формирования определяются динамически, исходя из геометрии контуров и характеристик факторов селеформирования. При сохранении основных групп элементов содержания, подходы к классификации внутри группы существенно меняются. Если карты 1:10 000-1:25 000 позволяют охватить весь селевой бассейн, то на картах 1:100 000 мы имеем возможность отобразить район, включающий в себя более десятка селевых бассейнов, что позволяет, наряду с отображением факторов условий формирования селей, реализовать картографирование статистических данных.

На карте данного масштаба имеется возможность отобразить несколько селевых бассейнов. Одними из важнейших характеристик селевых бассейнов является повторяемость селей и максимальный объем выноса. Данные характеристики представлены в виде матричной легенды, где в строках определены временные интервалы повторяемости селевых потоков, а в столбцах приведена классификация по среднему объему селевого выноса (рис. 7).

При переходе с крупномасштабного на среднемасштабный уровень картографирования, несмотря на то, что общий подход к составлению карты сохранен, содержание и назначение карты существенно изменяются. Если карта масштаба 1:25 000 предназначена для мониторинга селевых бассейнов, то карта условий формирования 1:100 000 (рис. 7) выполняет в основном информационно-справочную функцию. Внимание пользователя по-прежнему акцентируется на условиях формирования селей, однако, условия представлены в трансформированном виде в соответствии со спецификой решаемых задач. Взамен частных характеристик участков русел используется обобщенное представление статистических показателей. В связи с уменьшением масштаба, возникла необходимость включения в легенду дополнительных условных обозначений о

генетических различиях и морфологических особенностях поверхностей различных участков района исследования.

Составленная карта отражает в основном геоморфологический аспект условий формирования селей. Кроме основных элементов содержания на карте присутствуют дополнительные, направленные на повышение информативности карты, кроме на карте показана лесная растительность, оказывающая существенное влияние на процесс селеформирования. В качестве дополнительных элементов на карте присутствует каталог селевых бассейнов (Сейнова, Золотарев, 2001), для отображения климатического фактора на карте приведены графики годового хода температур, осадков и внутреннего стока (Атлас., 1997).

Масштаб 1:100 000 открывает широкие возможности для использования данных дистанционного зондирования космических ресурсных спутников, поскольку разрешение снимков (15-30м) приблизительно соответствует точности картографирования. В масштабе карты 1:100 000 точность проведения контуров не превышает 0,2 мм, что соответствует 20 м на местности. Данная карта составлена с учетом уже полученных карт более крупных масштабов на основе картографических и литературных источников, а также материалов космических снимков ETM+ и ASTER. На основе составленной карты для всех объектов, определяющих в той или иной степени условия формирования селей, по многозональным космическим снимкам был проведен анализ спектральных образов. Он подтвердил спектральную выраженность большинства объектов, задействованных в селеформировании на примере космического снимка ETM+.

В работе большое внимание было уделено также представлению итогового результата картографирования. Карта условий формирования селей на район Приэльбрусья имеет три вида представления:

- слоев ГИС,
- печатного оригинала,

- автономного приложения Microsoft Windows ® (исполняемый файл с расширением *.exe) .

Данные виды представления ориентированы на визуальный анализ и решение геоинформационных задач. Проблема оформления компьютерных карт, приложений Microsoft Windows ® ориентированных на отображение результата картографирования остается на настоящий момент малоисследованной перспективной и востребованной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе научно-исследовательской работы решена основная задача диссертации - разработана методика комплексного картографирования условий формирования селей с использованием геоинформационных технологий.

Результаты исследовательской работы состоят в следующем:

1. Рассмотрен и обобщен опыт картографирования условий формирования селей. На базе существующих методов была разработана методика разномасштабного (трехуровневого) картографирования условий формирования селей и определен круг задач, решаемых посредством составленных по данной методике карт.
2. Предложенная методика аэрофотосъемки была разработана автором и применялась впервые в качестве источника данных для оперативного картографирования очагов формирования селей.

3. Разработанная методика была апробирована на примере серии карт условий формирования селей в масштабе плана (1:2000), крупном (1:10 000-1:25 000) и среднем (1:100 000) масштабах, что показало применимость предложенного подхода к картографированию на разных уровнях исследования.
4. На основе результатов картографирования был произведен пространственный анализ распределения факторов и их спектральных характеристик, а также локализация на карте условий формирования селей масштаба 1:2000 потенциально опасных мест прорыва и развития селевого процесса.

Основные научные результаты изложены в статье опубликованной в рекомендованном ВАК РФ журнале:

1. Парамонов Д.А. Геоинформационное обеспечение крупномасштабного картографирования селей. Геоинформатика №14 М. изд-во Геоинформатика. 2005г.

а также следующих публикациях:

2. Парамонов Д.А. Тутубалина О.В., Черноморец С.С. Геоинформационное картографирование бассейна Герхожан-Су (Центральный Кавказ) для подготовки к мониторингу селевых процессов. - В кн.: Устойчивое развитие горных территорий: проблемы регионального сотрудничества и региональной политики горных районов. Тез. докл. участников IV международной конференции. 23-26 сентября 2001. - Владикавказ, Ремарко, с. 476-477

2. Tutubalina O., Chernomorets. S., Paramonov D., Petrakov D. Remote sensing for glacial hazards monitoring in the Caucasus Mountains, Russia. - Proceedings of the 30th International Symposium on Remote Sensing of Environment. Honolulu, Hawaii. November 10-14, 2003, 4 pp.

3. Парамонов Д.А. ГИС в картографировании селей. Arcreview №3 [26] 2003. М. Изд-во Дата+ С.19-20.

4. Парамонов Д.А. Применение снимков landsat7 для составления карт условий формирования селей. / в сборнике тезисов докладов Международной конференции «Ломоносов-2003», секция картография, Москва, апрель 2003, с. 87.

6. Парамонов Д.А. Проект «Методика аэрофотосъемки с использованием сверхлегких летательных аппаратов». Конференция пользователей ESRI, Голицино 2003г.