

МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 551.4.012:550.814

© 1999 г. Д.С. АСОЯН

**МЕТОДИКА ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО
КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГОРНЫХ СТРАН ПО МАТЕРИАЛАМ
КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК¹**

В последние годы возрастает интерес к комплексному изучению природы горных стран и их хозяйственному освоению. Острее становится потребность в изучении роли рельефо-образующих процессов в формировании качества среды обитания человека и в эколого-геоморфологическом картографировании. Объекты, цели и задачи экологической геоморфологии рассмотрены в ряде работ [1–3]. Из экологических карт наиболее актуальны оценочные, характеризующие территории по степени остроты экологической ситуации, а также по проявлению опасных природных и/или антропогенных процессов и явлений. В тектонически активных орогенных областях с современной вулканической деятельностью и высокой сейсмичностью проявляются интенсивные процессы эндо-экзоморфогенеза, непосредственно определяющие условия жизни человека. На такие регионы целесообразно составлять более узкие по своим задачам карты с оценкой экологического состояния по природным процессам. Проведенный анализ состояния оценочного экологогеоморфологического картографирования горных стран показал, что оно находится на стадии становления. Причем ценнейший источник географической информации – космические фотоснимки – в этом направлении используется все еще недостаточно, как, впрочем, и в других тематических картах [4, 5].

Данная статья посвящена результатам изучения экзогенных процессов и разработке принципов и методов оценочного эколого-геоморфологического картографирования в горных странах по материалам аэрокосмических съемок. Для всестороннего выяснения возможностей и ограничений метода проведены экспериментальные исследования тектонически активных орогенных областей, расположенных в различных регионально-типологических и ландшафтных условиях. Выбраны тестовые области в умеренном, субтропическом и тропическом географических поясах, а в их пределах – в различных меридиональных климато-ландшафтных секторах. В наиболее протяженном умеренном поясе Евразии исследования проведены на двух участках – в Восточно-европейском секторе в горах Большого Кавказа и в Дальневосточном секторе в северной части Большой Курильской гряды; в субтропическом поясе – в Андском секторе – в Чилийско-Аргентинских Андах (Продольная долина, котловина Ранкагуа); в тропическом поясе – в Центральноамериканском секторе в горах Сьерра-Маэстра, Восточная Куба.

Поставленная научная проблема потребовала решения методических, региональных и экспериментальных картографических задач: 1) определение возможностей применения материалов космических съемок для изучения экзогенных и, главным образом, опасных склоновых процессов в горных странах (виды съемок, масштабы, съемочная аппаратура, разрешение на местности, сезоны съемок и т.д.); 2) изучение дешифровочных признаков проявления склоновых процессов в горах с различной структурой высотных ландшафтных

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 96-05-64468).

поясов; 3) установление критериев и показателей экологической ситуации; 4) разработка принципов построения легенд оценочных эколого-геоморфологических карт, составляемых по материалам космических съемок; 5) апробация методики в горных странах с различными регионально-типологическими и ландшафтными условиями.

Методика изучения и картографирования экзогенных процессов по космическим снимкам

В горных странах важнейшим показателем экологической ситуации являются экзогенные процессы, обусловленные эндогенными силами, климатическими, геоботаническими и другими физико-географическими условиями. В тектонически и сейсмически активных орогенных областях эти процессы часто принимают опасный, угрожающий и катастрофический характер.

Методические и региональные исследования проведены по материалам сканерной, фотографических – многозональной, спектрзональной, цветной космических съемок различного разрешения на местности, масштабов – 1 : 2500000, 1 : 1000000, 1 : 200000, полученных с автоматических космических аппаратов серии "Ресурс-Ф2" и "STS-60" (новый Российско-Американский эксперимент с космической транспортной системы Shuttle). Сравнительные исследования показали, что проявления экзогенных процессов наиболее четко выражены на спектрзональных космических фотоснимках м-бов 1 : 1000000 с их последующим увеличением и 1 : 200000 [4]. Особенно информативны спектрзональные фотоснимки, полученные фотосъемочной многозональной аппаратурой МК-4; их разрешение на местности для объектов среднего контраста составляет 8–15 м. Цвет на фотоснимках, отпечатанных с тремя светофильтрами, максимально приближен к натуральным цветам ландшафта. Благодаря этим свойствам и высокому качеству изображения они не имеют аналогов в мире [6].

В различных горных странах склоновые процессы, обнаруживаемые на спектрзональных и многозональных космических фотоснимках, чаще выражены ландшафтно-индикационными признаками. Независимо от различий в природных условиях, ими являются преимущественно литолого-стратиграфические комплексы, морфографические степени рельефа, структура высотных ландшафтных зон и поясов, растительный покров и плотность дернового покрова. Из этих индикаторов наиболее надежный – растительный покров и степень разнородности сопряженных в пространстве растительных сообществ. Последние чутко реагируют на изменение физико-географических условий в горах и отражают типы склонов и интенсивность рельефообразующих процессов [4]. По этим индикаторам выделены ареалы рельефообразующих процессов – гляцио-обвальных, нивации, пролювиальных, делювиальных, плоскостного смыва, и оценена их интенсивность. Следы локальных проявлений таких процессов, как солифлюкция, селевых, и во многих случаях оползневых, карста (исключая крупные карстовые формы) на космических снимках не распознаются. Их картографирование проведено по результатам дешифрирования аэрофотоснимков, полевым наземным и аэровизуальным наблюдениям², литературным и картографическим источникам. В то же время, ареалы обвально-осыпных процессов, линейной и русловой эрозии и созданные ими формы рельефа на космических снимках чаще отражены прямыми признаками (форма, текстура, размеры фотоизображения, плотность фототона или цвета фотоснимка). Следует подчеркнуть, что границы ареалов, установленные по различиям в растительном покрове по спектрзональным фотоснимкам, наиболее точны, детальны и не обеспечиваются другими видами космической съемки и методами исследований.

Проведенные исследования также показали, что этот методический прием изучения и картографирования экзогенных процессов в горах может быть использован при наличии не менее чем двух хорошо выраженных высотных ландшафтных поясов. Этот вывод подтвержден данными интерпретации спектрзональных и многозональных космических снимков гор мира при составлении автором аэрокосмических разделов к двум атласам "Природа и ресурсы Земли" и электронный атлас "Человек и Земля" [7, 8].

² Из исследованных тестовых областей полевые и аэровизуальные наблюдения проведены на территории Большого Кавказа и в горах Сьерра-Маэстра, Восточная Куба.

Результаты оценочного эколого-геоморфологического картографирования

Для этих целей разработаны критерии и показатели обострения экологической ситуации в горах и принципы построения легенд оценочных эколого-геоморфологических карт разных масштабов. Экологическое состояние региона оценивается по следующим критериям в зависимости от вида космической съемки и масштаба картографирования. При среднемасштабном картографировании по сканерным снимкам с ИСЗ серии "Космос" (1 : 1000000–1500000) за основной критерий принята степень комфортности обитания человека, которая определяется суммой эндо-экзогенных факторов. При картографировании по материалам космической фотосъемки в м-бах 1 : 1000000 и 1 : 200000 целесообразнее использовать такой критерий, как проявление катастрофических, угрожающих, опасных склоновых процессов и локальных явлений, причиняющих значительный материальный ущерб.

Разработаны принципы построения простых и матричных легенд, многоцветных и одноцветных оценочных эколого-геоморфологических карт в м-бах 1 : 1000000–1 : 1500000 и 1 : 200000 на наиболее репрезентативные области (в статье представлены карты в одноцветном варианте с простой легендой). В основу положены элементы легенды к карте экзогенных процессов СССР в масштабе 1 : 2500000, разработанные в отделе геоморфологии Института географии РАН [9]. В матричных легендах карт опасных склоновых процессов указаны интенсивность процессов, типы склонов и их крутизна, физико-географические условия проявления процессов (ярусы рельефа, вертикальные ландшафтные пояса и зоны, степень задернованности, литолого-стратиграфические комплексы и некоторые сведения по зарегистрированным катастрофам). Следует подчеркнуть, что на созданных эколого-геоморфологических картах в названных выше регионах склоновые процессы показаны по их комбинациям в ареале; сами процессы перечислены в легенде по степени их опасности.

На основе проведенных предварительных исследований разработано содержание и впервые созданы образцы эколого-геоморфологических оценочных карт Центрального Кавказа в м-бе 1 : 1000000, Известнякового и Сланцевого Дагестана в м-бе 1 : 1500000. На этих картах экологическая ситуация оценена по степени комфортности обитания человека по четырем категориям, которые определяются морфоструктурным строением и интенсивностью экзогенных процессов [10]. Далее, впервые проведено картографическое моделирование опасных склоновых процессов в м-бах 1 : 1000000 и 1 : 200000 и дана оценка геоморфологической безопасности на тестовые области, расположенные, как уже отмечалось, в разных физико-географических условиях; это – западная часть Республики Северная Осетия-Алания; северная часть Большой Курильской гряды; территория Чилийско-Аргентинских Анд (Продольная долина с котловиной Ранкагуа); центральная часть гор Сьерра-Маэстра, Восточная Куба.

Республика Северная Осетия-Алания расположена на северном склоне Центрального Кавказа, который входит в Восточно-Европейский климато-ландшафтный меридиональный сектор умеренного географического пояса с характерным для него гумидным климатом. Это область сужения Главного Кавказского хребта и активных неотектонических дифференцированных движений. Регион входит в зону 7-балльной сейсмичности. Достаточно высокая скорость современных тектонических движений привела к преобладанию поднятий над денудационным срезом и развитию интенсивных рельефообразующих процессов. Регион – один из наиболее селеопасных в СНГ. На западную горную часть республики составлена карта опасных склоновых процессов (рис. 1)³.

На карте штриховкой и ее густотой показаны три категории опасности процессов, проявившихся в высотных ландшафтных поясах и зонах. К *первой категории* относятся катастрофические и угрожающие процессы, причиняющие или могущие причинить материальный ущерб. Они проявляются в гляцио-нивальном и горно-луговом вертикальных поясах на абс. высотах 2800–4780 м [11] преимущественно на обвальных и обвально-осыпных склонах, крутизной 22–30° с отсутствием растительности или со слабозадернованной поверхностью. В этих двух поясах особо опасны гляцио-обвальные процессы, аккумуляция обломочного материала, сели, снежные лавины. Гляцио-обвальные процессы

³ Карта опасных склоновых процессов восточной части Северной Осетии составлена нами ранее и опубликована в 1994 г. [4].

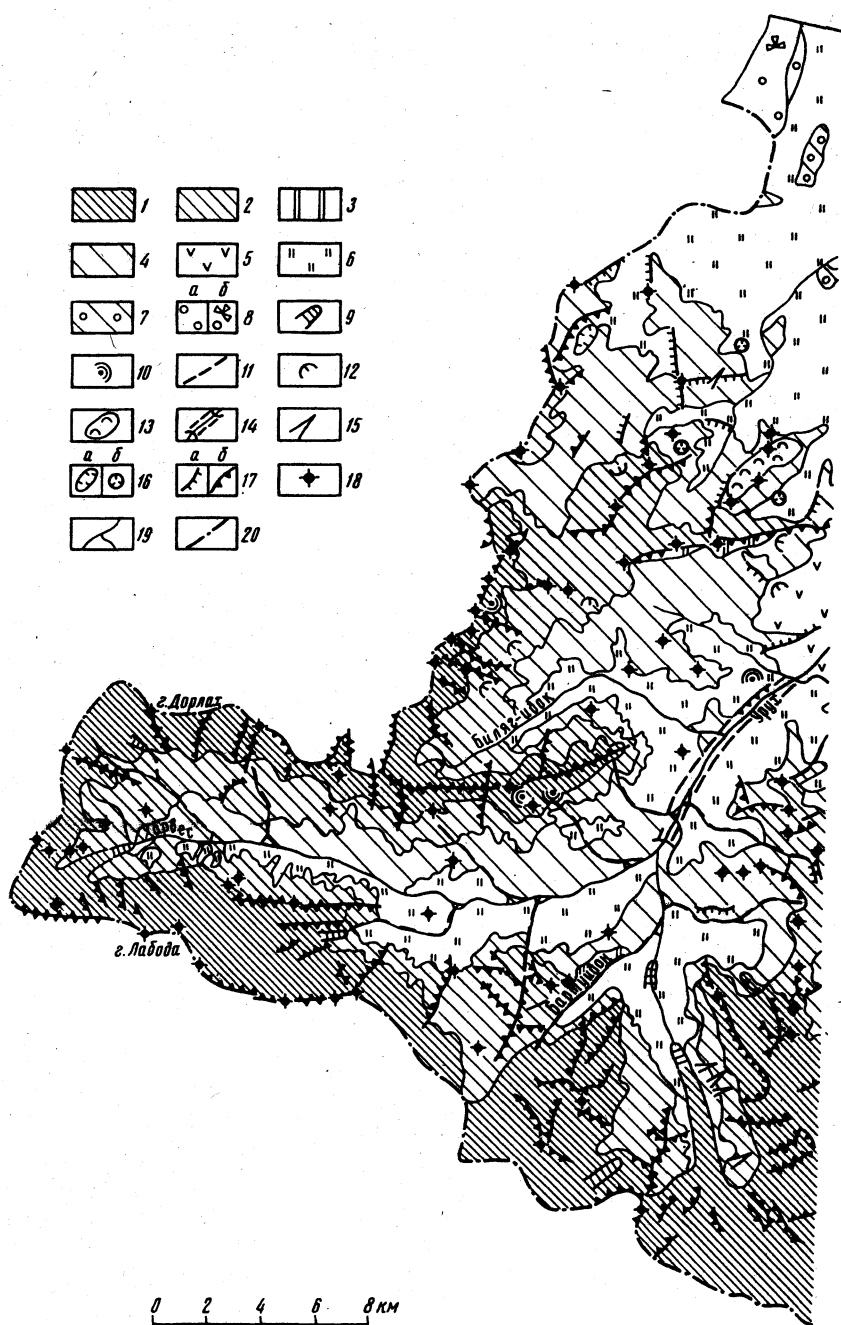
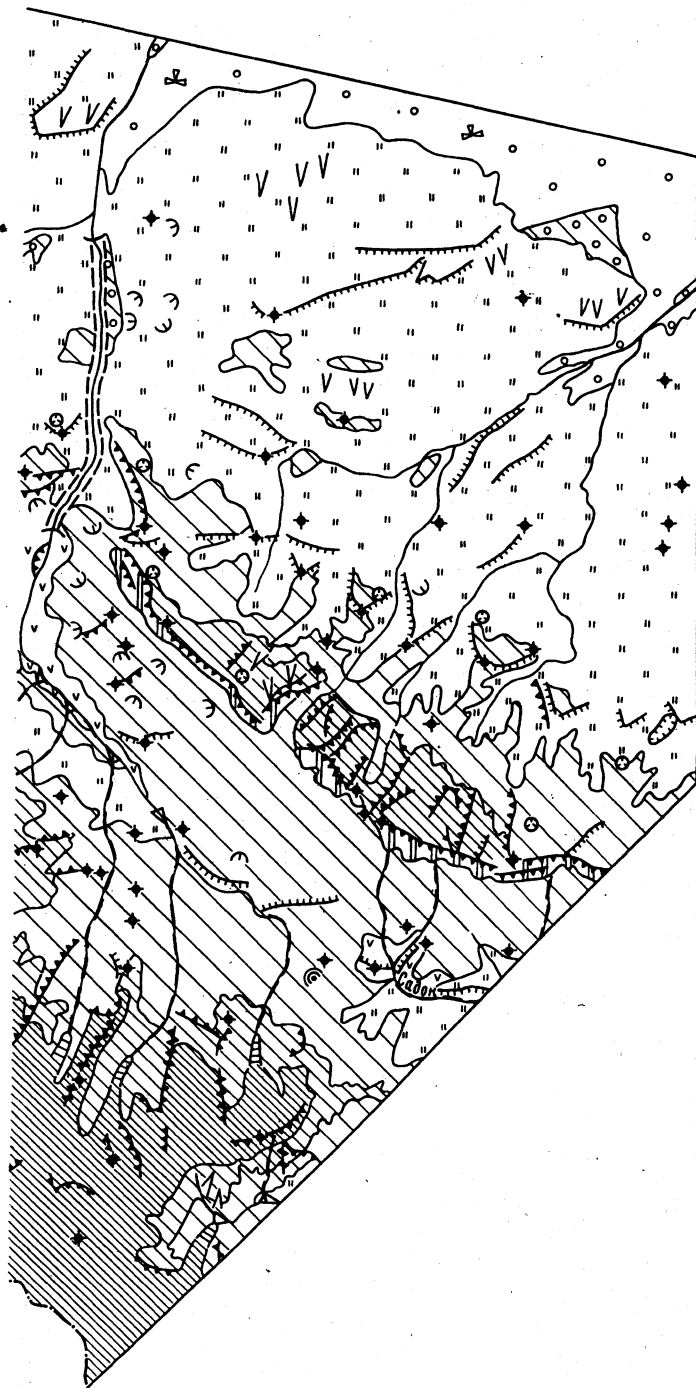


Рис. 1. Карта опасных склоновых процессов западной горной части Республики Северная Осетия-Алания (составлена Д.С. Асоян, 1996 г.)

Ведущие процессы по степени опасности: **катастрофические, угрожающие** (наиболее селеопасные районы), причиняющие значительный материальный ущерб: 1 – гляцио-обвальные, нивация, лавины, обвально-осыпные, селевой, солифлюкция, аккумуляция обломочного материала (3500–4780 м), 2 – обвально-осыпные, селевой, оползневой, линейная эрозия (2800–3500 м); **угрожающие, опасные**: 3 – преимущественно обвально-осыпные, оползневой, пролювиальный, линейная и русловая эрозия, селевой (интразональные), 4 – селевой, линейная и русловая эрозия, карст (районы средней селеопасности, 1700–3100 м); **относительно безопасные**: 5 – плоскостной смыв, линейная и русловая эрозия (800–1700 м), 6 – линейная (преимущественно дорожная) и русловая эрозия, карст, пролювиальный, делювиальный, селевой (750–1700) (районы слабой селеопасности),



7 – линейная, русловая эрозия, делювиальный (неселеопасные районы, 460–750 м), 8 – аллювиально-пролювиальный: а – в расширенных днищах долин, б – на предгорной равнине; **локальные проявления процессов и явлений:** 9 – морены, 10 – солифлюкция, 11 – селевые крупнейшие и потенциально селевые бассейны, 12 – оползни с захватом коренных пород и в покровных отложениях, 13 – оползневые склоны, 14 – активная русловая эрозия в крупных ущельях, 15 – борозды, ложбины, овраги, 16 – карстовые формы: а – крупные, б – средние, 17 – уступы: а – задернованные, б – скальные, 18 – господствующие вершины, 19 – реки, 20 – западная граница Республики Северная Осетия-Алания

активизируются в основном из-за деградации ледников, наблюдающейся на Кавказе в течение последних 90 лет. В случае отмирания ледников и их дробления на более мелкие, а также пульсации, происходят обвалы концов ледников и горных пород. Эти явления также могут быть спровоцированы сейсмическими толчками или обильными снегопадами. Вследствие этих событий и продолжительности интенсивных ливневых дождей образуются ледово-каменные и водно-каменные сели, оползни, осыпи, которые приводят к катастрофическим паводкам, подпруживанию рек, многочисленным разрушениям мостов, дорог, поселков. Активное развитие этих процессов приурочено к зонам тектонических контактов в эрозионно-тектонической Шулу-Хареской депрессии и к заложенным по зонам тектонической трещиноватости Урухскому и Караугомскому ущельям. Гляционивальная и горно-луговая зоны наиболее селеопасные (по классификации селеопасности этого региона В.В. Агибаловой [12]). Процессами солифлюкции постоянно повреждается полностью высокогорных автомобильных дорог на Мамисонском и Рокском перевалах.

Во вторую категорию включены угрожающие (с риском проявлений катастрофических) и опасные процессы. Они развиваются в высокогорье и среднегорье в пределах горно-лугового вертикального пояса на обрывистых (крутизной до $35-55^\circ$) и обвально-осыпных ($15-22^\circ$) склонах с разной степенью задернованности (1700–3100 м). Эти регионы оцениваются как среднеселеопасные. На карте отмечены крупнейшие селевые бассейны в долинах притоков р. Урух – Сартидон, Доргонком, Бартуидон, в притоках р. Харвес [13]. Большая часть этих рек берет начало из ледников с мощными моренами – очагами зарождения селей различного типа. В южном обрыве Скалистого хребта наблюдаются обвалы горных пород и камнепады; а в днище Северо-Юрской депрессии и на других участках развиты оползни и оползневые склоны.

Третья категория – относительно безопасные процессы. Проявляются в среднегорье и низкогорье: в горно-степной зоне "подветренных ландшафтов" в котловинах Северо-Юрской депрессии с злаковой травянистой растительностью (800–1700 м); в горно-лесной – с широколиственными лесами (750–1700 м); в зоне дубовой лесостепи (460–926 м). Эти районы относятся к категории слабой селеопасности и неселеопасным. Здесь на осыпных склонах крутизной $6-20^\circ$ и на аккумулятивных ($8-10^\circ$) с средней и высокой степенью задернованности развиты процессы плоскостного смыва, линейной и русловой эрозии, пролювиальные и делювиальные. В лесной зоне интенсивно развита дорожная эрозия.

В северной части Большой Курильской гряды в целях апробации метода в иных ландшафтных условиях умеренного географического пояса – в Дальневосточном секторе проведено оценочное эколого-геоморфологическое картографирование в масштабе 1 : 200000 (в статье приводится фрагмент карты наиболее крупного острова этой части гряды – о-ва Парамушир, рис. 2).

В северной части гряды Курильских островов проявляются наиболее активные и опасные в России эндогенные процессы – высокая 7–8-балльная сейсмичность, современный субаэральный вулканизм. Некоторые контуры карты опасных геоморфологических процессов уточнены по данным интерпретации уменьшенных космических фотоснимков с ИСЗ SPOT и радиолокационных аэроснимков.

Остров Парамушир представляет собой систему блоковых изометричных морфоструктур – вулканических хребтов, массивов и структур центрального типа (крупных вулканических построек и одиночных конусов). В северной части острова на хребте Вернадского развиты сложнопостроенный действующий вулкан Эбеко (абс. высота 1156 м) с кратерными озерами, сольфатарами, лавовыми полями, и потухшие вулканы различных морфогенетических классов – г. Козыревского (1153 м), маар г. Богдановича (свыше 1000 м) и другие сильно разрушенные вулканы. В рельефе более пологого тихоокеанского склона выделяются в верхнем и среднем ярусах лавовые плато с крутыми обрывистыми склонами (бассейны рек Левашова, Медвежей и Серебрянки). По последним данным тектонических исследований блоковые морфоструктуры обособлены системой продольных и поперечных глубинных разломов – сбросов и сбросо-сдвигов. Вулканические постройки приурочены к глубинным разломам – в центральной и северной части – к Центральному продольному разлому.

Особенности геолого-геоморфологического строения о. Парамушир определяют развитие на его большей части катастрофических, угрожающих и опасных процессов, причем эти процессы также проявляются на лавиноопасных абразионных уступах вдоль небольших отрезков морских берегов. Однако в центральной наиболее сниженной части хребта Левинсон-Лессинга и на отдельных прибрежных участках охотоморского и тихоокеанского склонов развиты относительно безопасные процессы плоскостного смыва и другие. На

карте геоморфологической опасности северной части о. Парамушир выделена область потенциальных катастрофических и угрожающих извержений действующего вулкана Эбеко (1156 м) и связанных с ними селевых процессов по барранкосам. В этой же области преимущественно в гольцовой высотной зоне проявляются опасные обвально-осыпные и эрозионные процессы по слабозадернованным склонам потухших вулканов. Эти процессы также развиваются на крутых склонах эрозионно-денудационного рельефа в пределах более низкой зоны с куртинами кедрового и ольхового стлаников со средней задернованностью. Опасные абразивные процессы проявляются на обрывах морских террас. В зимний период на их плоских прибрежных участках образуются лавины в результате обрушения снежных карнизов.

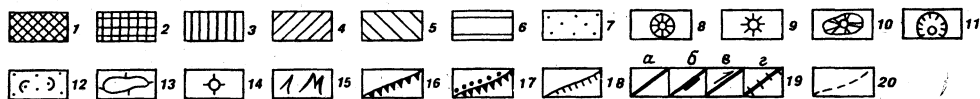
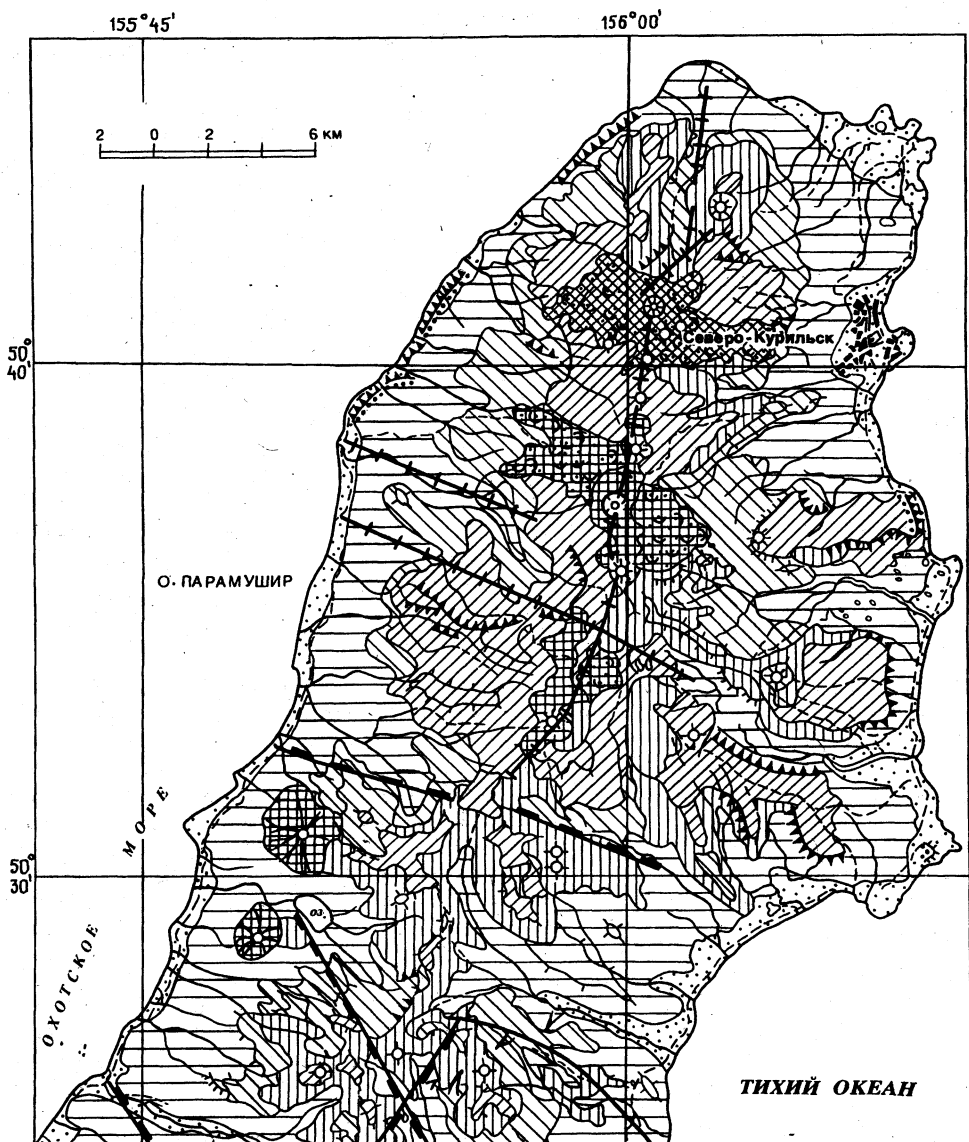
Чилийско-Аргентинские Анды⁴. Эколого-геоморфологическая карта составлена на территорию Чилийско-Аргентинских Анд и Продольной долины в пределах котловины Ранкагуа (Среднее Чили), лежащую между 33° и 35° ю.ш. (рис. 3). Чилийско-Аргентинские Анды относятся к орогену андского типа, приуроченным к континентальным окраинам. Проявляющиеся здесь высокая сейсмичность и мощный современный вулканизм свидетельствуют об активном процессе горообразования. Тихоокеанский склон Анд представляет собой зону крупных меридионально ориентированных разломов, которые определяют блоковое строение продольных морфоструктур. Горная система состоит из Центральной Кордильеры с абс. высотами от 2000 м и выше (действующие вулканы Сан-Хосе – 5856 м, Майпо – 5323 м) и Береговой Кордильеры (до 1300 м). Они разделены рифтовой асимметричной Продольной долиной с замкнутой котловиной Ранкагуа. Приразломные гряды расположены кулисообразно и ярусами поднимаются к осевой части Центральных Анд. Все эти факторы обуславливают высокую активность и полный спектр экзогенных процессов.

Картографируемая территория расположена в субтропическом поясе Южного полушария в Центральноамериканском ландшафтном меридиональном секторе; находится под влиянием средиземноморского климата с жарким сухим летом и влажной теплой зимой. На западном склоне Анд в высокогорье интенсивные снегопады вызывают лавинную активность. Структура высотной ландшафтной поясности в этом регионе весьма своеобразна и четко выражена на спектрально-фотоснимке м-ба 1 : 1000000, увеличенном до м-ба 1 : 100000. Так, высокогорная ступень рельефа на абс. высотах от 2000 м – это так называемый андский пояс, в котором нивальная зона с ледниками и полями вечных снегов и субнивальная зона сменяются горными степями. Субнивальная зона представлена холодной горной пустыней с эпизодической растительностью или с сообществами злаков, низких трав и андских колючих кустарников (маторалль). Таким образом, слабая задернованность способствует развитию интенсивных селевых процессов. В среднегорной (1000–2000 м) и низкогорной (600–1000 м) ступенях рельефа произрастают жестколистные леса типа омброфитов и склерофильные. Ниже 600 м развит разреженный ксерофильный колючий кустарник, сильно измененный под антропогенным воздействием [14]. Днище Продольной долины практически занято культурными ландшафтами с городской, сельской, дорожной и промышленной инфраструктурами.

Эколого-геоморфологическая карта северной части Продольной долины Чили (котловина Ранкагуа) (рис. 3) составлена по результатам интерпретации спектрально-фотоснимков, полученных с ИЗС серии "Ресурс-Ф1" и цветных космических фотоснимков с ИСЗ Shuttle (STS-60). В соответствии с морфографическими ярусами рельефа и структурой высотных ландшафтных поясов и зон выделены ареалы проявлений экзогенных процессов с оценкой степени их опасности. Наибольшую площадь занимает высокогорье. Здесь развиты катастрофические и угрожающие гляцио-обвальные, селевые процессы и лавины. Известны современные частые и катастрофические извержения вулканов Сан-Хосе и Майпо. Однако в связи со слабой хозяйственной освоенностью высокогорья, эти процессы причиняют материальный ущерб лишь районам рудничных поселков (Эль-Теньенте и др.). В среднегорье – в лесном высотном поясе на западном склоне Анд интенсивно развиваются угрожающие и опасные обвально-осыпные и селевые процессы, линейная и глубинная эрозия. Относительно безопасные процессы проявляются в Береговой Кордильере на высотах от 600 до 1300 м, ниже 600 м в предгорьях Анд и в днище котловины Ранкагуа.

Горы Сьерра-Маэстра, Восточная Куба. Эколого-геоморфологические исследования горной области, расположенной в тропическом поясе в Центральноамериканском меридиональном секторе, проведены на примере центральной части Сьерра-Маэстра Со-

⁴ Раздел составлен совместно с Р.С. Нарских.



ставлена космофотокарта по результатам интерпретации спектрозонального космического фотоснимка м-ба 1 : 200000, полученного с ИСЗ серии "Ресурс-Ф1".

Мегаблок Сьерра-Маэстра расположен в зоне фронтального столкновения двух крупных морфоструктур – Кубинской микроплиты и глубоководного желоба Бартлетта. Вдоль южного побережья Восточной Кубы в зоне глубинного широтного разлома происходят резко дифференцированные неотектонические и современные движения – поднятие Сьерра-Маэстра (абс. высота Пика Туркино 1994 м) и опускание желоба (глубина до 8000 м), сопровождаемые частыми землетрясениями до 7 баллов. Эти особенности морфоструктуры и климатические условия сезонно-влажных тропиков с годовыми осадками до 2000 мм/год, высокими температурами 25–30° и частыми ураганами способствуют развитию интенсивного тропического экзоморфогенеза. В низких и средних блоковых горах Сьерра-Маэстра (на абс. высотах 800–1994 м) и в мелкогорье (500–1000 м) склоны покрыты горными влажными тропическими лесами с высоким проективным покрытием и сомкнутостью крон древостоя. На обвально-осыпных склонах крутизной 10–20° и аккумулятивных 6–10° проявляются склоновые процессы средней интенсивности – эрозионные, обвально-осыпные. Под пологом густого лесного покрова развиты тропическая солифлюкция, карст, химическое выветривание; формируются коры выветривания и мощный слой делювия. В основании крутых склонов образуются оползни [16]. На некоторых склонах южной экспозиции, занятых разреженными лесами (по данным интерпретации спектрозонального фотоснимка), можно предположить развитие более интенсивных склоновых процессов. В предгорьях и на холмогорье на абс. высотах 300–500 м склоны заняты мезофильными полулистопадными тропическими лесами (до 400 м) и вечнозелеными лесами (400–500 м). Здесь вследствие частого прохождения мощных тропических циклонов образуются катастрофические паводки, в результате которых в речных долинах при их выходе из гор на равнину внезапно возникают (в течение 3–4 часов) переливы масс воды и разрушительные изменения русла; при этом осаждаются флювиальные наносы, формируются валы, конусы выноса, уничтожаются сельскохозяйственные угодья [15].

Таким образом, на рассматриваемой территории угрожающий и опасный характер приобретают преимущественно оползневые процессы, линейная эрозия и процессы глубинной и боковой эрозии (во время отмеченных катастрофических явлений, связанных с прохождением ураганов). Относительно безопасные экзогенные процессы развиты на холмистой равнине Кауто в бассейне р. Хикаоа и ее притоков. Территория занята преимущественно сельскохозяйственными угодьями, зарослями кустарника марабу и другими, вдоль русел рек тянутся галерейные леса. Однако на отдельных участках широко развиты биогенные процессы по скотопогонным тропам, которые способствуют, в свою очередь, усилению эрозионных процессов.

Рис. 2. Карта опасных геоморфологических процессов о. Парамушир, северная часть Большой Курильской гряды (составлена Д.С. Асоян, 1997 г.)

Процессы (перечислены по степени опасности), тип склонов и ярусы рельефа: **катастрофические, угрожающие (эндо-экзогенные):** 1 – современный вулканизм, обвально-осыпные, аккумуляция крупнообломочного материала, селевой, линейная и русловая эрозия на обрывистых, обвально-осыпных, аккумулятивных склонах в верхнем ярусе рельефа с абс. высотами > 600 м; **угрожающие, опасные на потухших вулканах:** 2 – обвально-осыпные, аккумуляция крупнообломочного материала, пролювиальный, линейная и русловая эрозия на обрывистых, обвально-осыпных, аккумулятивных склонах в верхнем ярусе рельефа, 3 – обвально-осыпные, пролювиальные, на обрывистых склонах – обвально-осыпные во всех ярусах рельефа, 4 – обвально-осыпные, аккумуляция обломочного материала, пролювиальный, линейная и русловая эрозия, плоскостной сыв в высоком холмогорье, 5 – обвально-осыпные, аккумуляция обломочного материала, пролювиальный, линейная и русловая эрозия, плоскостной сыв в среднем холмогорье; **относительно безопасные:** 6 – абразионный, делювиальный, линейная и русловая эрозия, плоскостной сыв в нижнем холмогорье, 7 – абразионный, делювиальный, аллювиальный, линейная и русловая эрозия, плоскостной сыв на равнинах и морских террасах; **отдельные элементы рельефа:** 8 – действующий вулкан (Эбеко), 9 – потухшие вулканы, 10 – одиночные конусы крупных потухших вулканов, 11 – маары, 12 – лавовые потоки действующих и потухших вулканов, 13 – водораздельные останцы, 14 – вершины, 15 – глубоковрезанные ложбины, овраги, барранкосы (потенциально-селеопасные), 16 – денудационные и абразионные скальные уступы, 17 – лавиноопасные абразионные уступы, 18 – уступы террас и других элементов рельефа, 19 – зоны разрывных нарушений, выраженные в рельефе (выделены по фондовым данным В.К. Ковтуновича, Сахалингеология, 1986), потенциально опасные: а – тектонические контакты неустановленной морфологии, достоверные, б – сбросы достоверные, в – сбросо-сдвиги достоверные, г – линейные тектонические структуры, полученные дистанционными методами; 20 – тропы

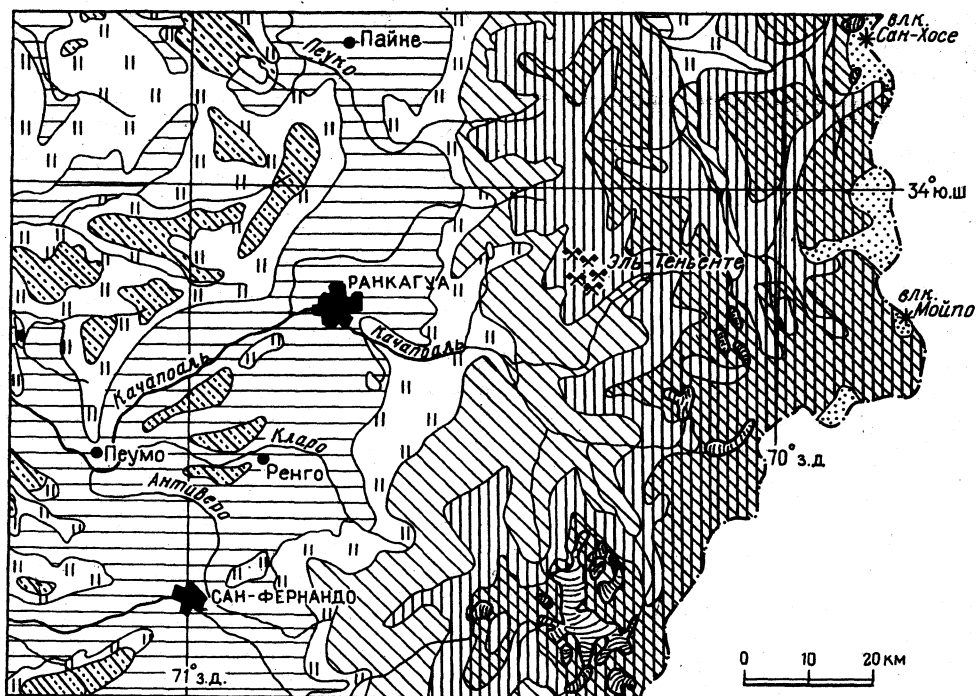


Рис. 3. Эколого-геоморфологическая карта северной части Продольной долины Чили (котловина Ранкагуа) и прилегающих территорий, (составлена Д.С. Асоян, [Р.С. Нарских], 1996 г.)

Ведущие экзогенные процессы по степени опасности: **катастрофические и угрожающие** в Чилийско-Аргентинских Андах, районы высокой сейсмичности, современной вулканической деятельности, лавиноопасные, селеопасные (2000–5856 м): 1 – солифлюкция, нивация, аккумуляция обломочного материала, 2 – гляцио-обвалы, обвалы-осыпные; **угрожающие и опасные** в Чилийско-Аргентинских Андах (600–2000 м): 3 – линейная и русловая эрозия, обвалы-осыпные, лавины, селей; **относительно безопасные** (300–1300 м): 4 – линейная и русловая эрозия, обвалы-осыпные, делювиальный в Береговой Кордильере (600–1300 м), 5 – плоскостной смыв, линейная и русловая эрозия, делювиальный (ниже 600 м в предгорьях), 6 – плоскостной смыв, линейная и русловая эрозия в Продольной долине (300–600 м); **прочие обозначения**: 7 – Главный водораздел Чилийско-Аргентинских Анд, 8 – ледники, 9 – вечные снега, 10 – рудники (медные и молибденовые)

Выводы

1. Разработана методика оценочного эколого-геоморфологического картографирования и метод космической индикации опасных склоновых процессов по космическим спектрально-зональным фотоснимкам на примере тектонически активных орогенных областей, расположенных в различных регионально-типологических и ландшафтных условиях мира.

2. Впервые проведено оценочное эколого-геоморфологическое картографирование тестовых областей горных стран в различных широтных географических поясах, а в их пределах – в меридиональных климато-ландшафтных секторах по материалам космических съемок.

3. Полученные результаты методических и экспериментальных работ свидетельствуют об эффективности применения разработанной методики оценочного картографирования геоморфологической опасности различных горных регионов мира при условии наличия не менее двух ландшафтных поясов; идентичности индикаторов склоновых процессов, несмотря на регионально-типологические и ландшафтные различия; о точности границ ареалов склоновых процессов по спектрально-зональным космическим фотоснимкам, не обеспе-

чиваемых другими видами космической фотосъемки и традиционными методами исследований.

4. Выявлены территории проявления катастрофических, угрожающих и опасных склоновых процессов. Разработанный метод позволяет объективно оценивать экологическую ситуацию по природным факторам и прогнозировать вероятность природных катастроф.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеев Д.А. Экологическая геоморфология: объект, цели и задачи // Геоморфология. 1991. № 1. С. 43–47.
2. Экологическое картографирование на основе материалов космической фотосъемки: геоморфологические аспекты (Междувед. темат. сб. науч. тр. / ЦНИИГАиК в 2-х книгах). М., 1994. 227 с.
3. Комедчиков Н.Н., Лютый А.А., Асоян Д.С. и др. Экология России в картах // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1994. № 1. С. 107–118.
4. Асоян Д.С. Эколого-геоморфологическое картографирование тектонически активных орогенных областей на основе дистанционных методов // Научно-технический сборник по геодезии, аэрокосмическим съемкам и картографии. Экологическое картографирование на основе материалов космической фотосъемки: геоморфологические аспекты (в 2-х книгах). М.: ЦНИИГАиК, 1994. С. 144–159.
5. Асоян Д.С. Принципы и методы картографирования геоморфологической опасности горных стран // Картография на рубеже тысячелетий: Докл. I Всерос. науч. конф. по картографии (Москва, 7–10 октября 1997 г.). М., 1997. С. 312–317.
6. Киенко Ю.П., Савин Г.А., Дмитриев И.Л. Анализ требований к перспективным съемочным системам // Вопросы методологии исследования природных ресурсов Земли из космоса: Сб. науч. тр. М., 1989.
7. Асоян Д.С., Лютый А.А. Глобальный атлас "Природа и ресурсы Земли: вопросы аэрокосмического обеспечения" // Изв. вузов. сер. Геодезия и аэрофотосъемка. 1992. № 6. С. 136–143.
8. Liouty A.A., Komedchicov N.N., Asoyan D.S. et al. Electronic complex geographical atlas "Map and the Earth" // Global Changes and Geography: Abstracts of the IGU conference, Moscow, Russia, August 14–18, 1995. – Moscow, 1995. P. 217.
9. Горелов С.К., Граве М.К., Козлова А.Е., Тимофеев Д.А. Карта современных геоморфологических процессов СССР масштаба 1 : 2500000 // Геоморфология. 1990. № 1. С. 4–14.
10. Асоян Д.С. Дистанционные методы изучения экзодинамики рельефа Известнякового Дагестана как фактора экологического состояния // Геоморфология. 1993. № 4. С. 26–35.
11. Будуна С. Ландшафтные зоны и пояса Северной Осетии // Природа и природные ресурсы Северной Осетии. Орджоникидзе. 1980. Т. XXXIV. С. 22–51.
12. Агibalова В.В. Сели в Северной Осетии. Орджоникидзе: Изд-во "ИР", 1983. 110 с.
13. Герасимов В.А. Селеопасные долины Северной Осетии // Физика снега, лавины, сели / Тр. Высокотгорн. геоф. ин-та. М.: Гидрометеоиздат, 1987. Вып. 40. С. 46–60.
14. Carta fitogeografica de Chili mediterraneo. Por: V. Quintanilla. (М. 1 : 1000000), 1984 // Facultad de Ingenieria. Departamento de Ingenieria Geografica. Universidad de Santiago de Chili. 1984.
15. Манохин А.М. Рельеф Восточной Кубы и некоторые аспекты истории его развития // Землеведение. Нов. сер. – 1990. Т. 17 (57). С. 92–107.
16. Эрнандес Сантана Хосе Рамон. Структурная геоморфология и современная геодинамика рельефа Юго-Восточной Кубы: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: Институт географии РАН, 1987. 24 с.

Институт географии РАН

Поступила в редакцию
25.05.98

THE METHOD OF ECOLOGEOMORPHOLOGIC MAPPING OF MOUNTAIN AREAS BASED ON THE REMOTE SENSING DATA ANALYSIS

D.S. ASOYAN

S u m m a r y

The method of ecogeomorphological ratable mapping is suggested, the tectonically active mountain areas of different regions and landscapes taken as an example. The method is based on using of spectrozonal space images. Criteria and indexes of environmental deterioration according to natural factors are developed. Principles of middle-large scale mapping are worked out. For the first time ratable ecogeomorphological mapping was fulfilled for some mountain test sites: the Great Caucasus, the Northern Osetia, the northern part of Kuril Isls – in the moderate zone, Andes (Chile-Argentina) – in the subtropical zone, Sierra-Maestra (Cuba) – in the tropical zone. Method of space indication of dangerous slope processes is improved. Unlike other geomorphologic techniques this method allows to determine the boundaries of the dangerous processes with high precision and validity.