

УДК 551.4(571.53)

© 1998 г.

С.Б. КУЗЬМИН

**АКТИВНЫЕ РАЗЛОМЫ КАК ФАКТОРЫ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО
РИСКА И ИХ ЛАНДШАФТООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ****(общая концепция исследований)**

В последние годы в связи с наметившимся в науках о Земле креном в сторону изучения опасных природных феноменов стало формироваться представление о геоморфологическом риске. Оно проистекает из потребности человека в защите от неблагоприятных для него элементов рельефа и морфогенетических процессов. Актуальность данной проблемы просматривается в том, что геоморфология внедряет знания о строении и развитии рельефа в повседневную жизнь общества, объединяет усилия многих наук о Земле для изучения физико-географического ландшафта с целью выявления степени его опасности для человека и перспектив возможной адаптации в нем с наименьшим ущербом для обеих сторон.

Под геоморфологическим риском понимается оценка рельефа и морфогенеза с позиций безопасности жизни и деятельности человека и сохранности геоморфологического ландшафта [1]. В такой трактовке понятие геоморфологического риска является ключевым звеном в общем понятии природного риска, и это есть дополнительный элемент его актуальности.

Однако даже в научно-теоретическом плане вопрос геоморфологического риска еще очень далек от своего разрешения, и ниже мы увидим, насколько широк круг самых первоочередных задач. Но уже сейчас понятно, что рельеф и морфогенетические процессы представляют вполне реальную опасность для человека и антропогенной среды. Риск быть застигнутым опасными геоморфологическими явлениями и процессами врасплох, вероятно, не меньше, чем риск со стороны сейсмических процессов. Более того, изменения геоморфологической среды чаще растянуты в пространстве и времени, в силу чего в нашем сознании возникает успокаивающий момент, который позволяет считать их неопасными или сиюминутно неопасными. Это положение в корне неверно, и те исследователи, которые заняты изучением геоморфологического риска, несомненно решают задачу большой практической значимости.

Данная проблема весьма многогранна и подход к ее разрешению должен осуществляться поэтапно с нескольких позиций. В связи с этим цель моего исследования в этом общем большом направлении невелика, а именно: изучение активных разломов как факторов геоморфологического риска и определение их роли в формировании рельефа и физико-географического ландшафта. Выбор активных разломов в качестве главных объектов исследования как генераторов рельефо- и ландшафтообразующих процессов не случаен и проистекает из того факта, что именно в местах развития активных разломов на земной поверхности и в ее недрах мы наблюдаем интенсивные изменения в природной среде, несущие потенциальную и реальную опасность для человека [2, 3].

Геоморфологическая опасность обусловлена многими факторами и прежде всего

генезисом рельефа, его историческими корнями. Происхождение рельефа прямо или косвенно связано практически со всеми процессами, протекающими как в недрах Земли (вплоть до ядра), так и на земной поверхности, в воздушных слоях и в общем в Солнечной системе [6–8]. В этом положении кроется главный ответ на вопрос, почему рельеф Земли может использоваться как ведущий индикатор опасности со стороны окружающей среды для человека.

В областях новейшей активизации земной коры возрастает разнообразие элементов рельефа и рельефообразующих процессов, их выразительность, скорость и интенсивность. В целом на уровне системы «литосфера – земная кора – рельеф» неотектонические движения являются главным побудителем всех основных морфогенетических процессов, вплоть до экзодинамических. Вспомните, например, роль неотектоники в формировании вертикальной климатической поясности, гидрографической сети, биоценологических связей и т.п.

Земная кора имеет разломно-блоковое строение, которое определяется ее тектонической эволюцией как в течение неотектонического этапа, так и на протяжении всех предыдущих геологических эпох. Существование жестких блоков и разделяющих их подвижных зон в земной коре обуславливает развитие как прямого, так и инверсионного рельефа. Инверсия рельефа, например, на столовых плато, в межгорных котловинах, влечет за собой инверсию других ландшафтных характеристик: растительности, почв, климатических особенностей (температуры воздуха, увлажнения, радиационного потока) и др.

Блоки относительно менее активны, чем разделяющие их разломы. Внутреннее пространство блоков представляется наиболее тектонически стабильным. По направлению к краям возрастает тектоническая активность, которая в зонах контакта блоков, на разломах, достигает максимума, поскольку по разломам происходит перемещение и взаимодействие блоков.

Активными называются разломы, проявляющие активность на неотектоническом этапе. В настоящее время существуют два основных взгляда на активные разломы. Во-первых, активными называют разломы, подвижки по которым порождают сейсмические события в земной коре и верхней мантии; такие разломы контролируют очаги землетрясений на различных глубинах, и в их зонах отмечаются сейсмодислокации, деформации почв, дорог, различных сооружений и т.п. [7, 8]. Во-вторых, активными называют разломы, которые образуют характерные формы рельефа не только за счет быстрых сейсмогенных подвижек, но и за счет крипа и медленных тектонических движений; такие разломы могут не контролировать очаги землетрясений, но влияют на изменение топографии земной поверхности [2, 9]. Для наших целей более приемлемо второе понятие, поскольку оно позволяет охватить практически весь круг современных морфогенетических процессов в зонах активных разломов, а не только те, которые обусловлены сейсмогенными деформациями.

Активные разломы представляют из себя не единую линию, а зону – зону активного разлома. Это положение позволяет оперировать не с линией, которую можно описать лишь длиной, а с объемом, имеющим пространственные характеристики и выделенным из окружения при помощи набора своеобразных внутренних элементов. В настоящее время зона влияния разлома трактуется тройко: 1) это достаточно узкая зона со следами непосредственной тектонической проработки, такими, как брекчии, милониты, катаклазиты, глины трения и др.; ширина этой зоны обычно легко определяется в полевых условиях [10, 11]; 2) это пространство вокруг разлома, где происходит хрупко-пластичное скалывание и формирование разрывов оперения; ширину этой зоны можно определить только в камеральных условиях с применением нескольких критериев, в том числе кинематических [12, 13]; 3) это практически не поддающаяся инструментальному регистрированию зона, в которой кроме остаточных деформаций происходит и упругое колебание среды; ширина этой зоны может быть оценена только приблизительно [14, 15]. Первое положение целесообразно использовать для изучения морфогенетических процессов, особенностей строения рельефа и

всего физико-географического ландшафта в полевых условиях. Для аналитических, картографических и статистических методов более приемлемо второе положение.

Подвижки в зонах активных разломов могут быть быстрыми (сейсмогенными) и медленными (криповыми). В действительности развитие зоны активного разлома представляет процесс чередования двух типов подвижек на разных этапах в зависимости от тектонической ситуации. Подобное чередование может наблюдаться и в пространстве зоны активного разлома в одном интервале времени [16–18].

В зонах активных разломов отмечаются своеобразные геоморфологические явления и процессы. То есть наличие этих явлений и процессов свойственно только для зон активных разломов и они могут использоваться в прогностических целях [19, 20].

Коль скоро в зонах активных разломов наблюдаются отличительные геоморфологические явления и процессы, возможно говорить о формировании в их пределах особого типа рельефа – рельефа зон активных разломов. Тип рельефа – это комплекс форм рельефа, характеризующийся единообразным внешним обликом, единым генезисом и возрастом, т.е. возникающий в условиях определенной направленности новейших тектонических движений и экзогенных процессов [21]. Все эти требования полностью выдерживаются для рельефа зон активных разломов, который обладает яркими отличительными элементами (формами), генетически обусловленными развитием самой зоны активного разлома на неотектоническом этапе в атмосфере своеобразной экзогенной препарации.

В зонах активных разломов наблюдаются быстрые движения земной коры, сопровождаемые землетрясениями, и медленные (криповые) движения или даже временная тектоническая стабильность. Есть основания думать, что формирование рельефа в этих двух случаях будет происходить по-разному, а именно: рельеф первой группы будет развиваться относительно активно, а второй – относительно пассивно. Это положение представляется верным не только для разных зон активных разломов, развивающихся в разных геодинамических условиях, но и для единой зоны, в пределах которой возможны как быстрые, так и медленные движения земной коры. В данном контексте просматривается перспектива районирования зон активных разломов по геоморфологическому принципу. В дополнение к этому появляется шанс проследить динамику развития рельефа по крайней мере на период с позднего кайнозоя (плиоцен-четвертичного времени).

Деление рельефа по группам на активный и пассивный позволяет допустить, что рельеф первой группы будет представлять явную геоморфологическую опасность, а рельеф второй группы может вообще никакой опасности не представлять, либо эта опасность будет скрытой. Однако при ведущей роли явной геоморфологической опасности риск со стороны опасности скрытой может быть не менее значительным именно в силу своей неконкретности. Например, даже в тех зонах разломов, тектоническое развитие которых к настоящему моменту стабилизировано, вероятно весьма негативные процессы, внешне не связанные с разломной тектоникой и эндогенным рельефообразованием, такие, как увеличение аварийности на автомобильном и воздушном транспорте, возрастание числа патологических заболеваний среди населения, мутация растений, в частности, дихотомия древесных форм и многое другое [22]. В этой связи следует сознавать, что скрытая опасность растянута в пространстве и времени, последствия ее могут быть весьма катастрофичными, проявиться не сразу и не в месте главного источника.

На основании вышесказанного не составляет труда предположить, что геоморфологическая опасность может быть локализованной, или внезапной и рассеянной, или постоянной. Первый тип опасности проявляется на более или менее локальных небольших территориях, главным образом, в пределах источника опасности, непродолжителен и обнаруживается неожиданно. Второй тип опасности рассредоточен по площади и часто проявляется вне пределов источника, обладает в каждый конкретный момент небольшим, но постоянным устойчивым действием.

Локализованная (внезапная) геоморфологическая опасность характерна для зон ак-

тивных разломов, которые отличаются сложным строением и динамичным развитием в связи с общей геодинамической активностью литосферы в их пределах. Рельеф в зонах активных разломов может подвергаться значительным эволюционным изменениям за сравнительно небольшой промежуток времени, который исчисляется порой от нескольких сотен лет до нескольких часов и даже минут. Например, при Гоби-Алтайском землетрясении 1957 года произошло формирование 250-километрового уступа и тренча, которые трассировали практически всю территорию южной и западной Монголии [23]. При Цаганском землетрясении, произошедшем в декабре 1861 г. в центральной части оз. Байкал, произошло отседение целого блока земной коры площадью более 100 км² и образовался залив Провал [24]. В зоне активного разлома Сан-Андреас (США, штат Калифорния) в настоящее время происходят интенсивные правосторонние сдвиговые перемещения земной коры, которые приводят к образованию многих уникальных форм рельефа. Одними из самых примечательных являются висячие долины и загораживающие хребты, на формирование которых уходит всего несколько десятков лет [18]. Аккумулятивные тектонические бассейны типа «pull-apart» в разломной зоне Левант (Ближний Восток) образуются в течение нескольких сот лет [25]. Вулканическая деятельность в активных разломах Северо-Атлантической рифтовой зоны (южная акватория Исландии) приводит к конструктивному морфогенезу: формируются подводные лавовые плато, кальдеры, иногда скопления эксплозивного материала выходят из-под уровня океана и образуются острова. В других районах она может приводить и к деструктивному морфогенезу, например, как это имело место во время катастрофического взрыва вулкана Кракатау в Индонезии, приведшего практически к полному разрушению его конуса.

Рассеянная (постоянная) геоморфологическая опасность характерна для тех зон активных разломов, тектоническое развитие которых на современном этапе в определенной мере стабилизировано и в их пределах не отмечаются существенные сейсмические подвижки, способные привести к деформациям на поверхности. Примером может служить зона Приморского разлома в Западном Прибайкалье [21]. Здесь широко представлены эскарпы, цокольные террасы, мелкие горсты, грабены и т.п. В долине р. Анга в нескольких километрах выше поселка Еланцы сбросовый эскарп имеет высоту 100–120 м и протягивается вдоль реки на 2 км, при этом угол наклона его плоскости достигает 40–60°. До эскарпа по простиранию на склоне выделяются два тектонических уступа высотой 30–35 и 10–15 м. Выше по течению р. Анга от заимки Зактуй до поселка Куреть прослеживаются выходы цокольной террасы (уступа) высотой 6–12 м и уклоном плоскости 45–50°. Вдоль дороги Шара-Тагот – Тонта в районе летника Хара-Нур встречены два распадка с шириной притальеговой части до 30 м и расстоянием между ними около 400 м. На склонах этих распадков откартированы свежие тектонические уступы или ступени шириной до 10–20 м и высотой до 5–15 м. В этом же районе встречена грабенообразная структура шириной 150–200 м и длиной 2,5–3,0 км, по бортам которой располагаются тектонические ступени шириной до 30 м и высотой около 10 м. Все эти структуры способствуют эрозионному и гравитационному разрушению склонов, оврагообразованию и формированию временных водотоков.

Продольные профили рек, заложенных вкрест простирания Приморского разлома, не выдержаны, характеризуются многочисленными перепадами на площадях с однообразными по составу и литологии породами. Обычно эти перепады представлены уступами с камнепадами. Так, в русле поперечного к разлому ручья юго-западнее р. Кучелга нами встречен резкий перегиб с камнепадом высотой более 20 м. Выше уступа вода в ручье уходит в камни и вновь появляется в русле в 50 м ниже камнепада. Вниз по всему руслу ручья до выхода его из гор и далее отмечаются неоднократные исчезновения воды из русла, что может быть связано с наличием локальных субпараллельных сместителей. Подобная картина встречена в распадке юго-западнее р. Тонта против летника Халхазур, где камнепад достигает высоты 25–30 м. Исчезновение воды из русел отмечается также у мелких ручьев и водотоков,

впадающих в оз. Байкал на юго-западном фланге Приморского разлома в районе поселка Большие Коты. Здесь водные потоки исчезают за несколько десятков метров (50–60) до озера в крутой береговой террасе и впадают в воды Байкала уже ниже ватерлинии. На северо-восточном фланге Приморского разлома по долине р. Зундук, расположенной поперек его простираения, перегибы продольного профиля реки очень четко выражены в виде уступов с небольшими водопадами высотой до 2 м. Наличие резких перегибов в продольном профиле рек приводит к развитию процессов гравитационного отседания блоков, формированию подвижных курумников и осыпей. Наличие ослабленных трещиноватых зон может привести к просадке грунтов, что повлечет за собой деформации оснований сооружений и конструкций, к формированию барьеров для стока подземных вод зоны свободного водообмена и ловушек для поверхностного стока, к формированию в таких зонах ареалов концентрации загрязнителей в почвенно-растительном покрове и т.п.

Геоморфологическая опасность может быть направлена на человека, на техногенную среду и на природу. Направленность на человека выражается в непосредственном риске для жизни человека или его физического и морального здоровья, со стороны, во-первых – катастрофических геоморфологических процессов (обвалы, сели, лавины и т.п.), во-вторых – со стороны процессов относительно медленных (овражная эрозия, наводнения, осыпи и т.п.). Направленность на техногенную среду обуславливает материальный ущерб за счет разрушений или повреждений различных конструкций, строений, коммуникаций и других продуктов хозяйственной и культурной деятельности человека. Направленность на природу проявляется в коренном изменении первичных физико-географических ландшафтов, например, перестройке дренажной сети, спонтанной эволюции растительных и животных сообществ, деградации земель, почв и т.д.

Наиболее «рискует» стать объектом геоморфологической опасности техногенная среда, поскольку в местах народнохозяйственного освоения и урбанизации она стала неотъемлемой частью природных территорий и вовлекается в их естественное развитие. Риск для человека с точки зрения материального ущерба менее значителен, поскольку человек для того и использует научные методы познания природы, чтобы прогнозировать опасные процессы и разрабатывать приемы защиты от них с целью снижения естественного риска. Однако моральный урон, обусловленный ухудшением здоровья, а тем более смертью человека или гибелью его духовных ценностей, конечно же, ничем не восполним. Вопрос о подверженности природно-территориальных комплексов геоморфологическому риску к настоящему моменту, насколько мне известно, опрометчиво считается несущественным, а степень подобного риска и величина подобных изменений практически никем не оценивались. Не исследованным здесь остается и вопрос о том, как природа разрешает подобные внутренние противоречия, возникающие вследствие разрушения первичных физико-географических ландшафтов.

Для фактического обоснования изложенных выше положений необходимо решить два круга задач: теоретические, или логические и практические, или эмпирические.

В первом круге задач следует различать понятия геоморфологический риск и геоморфологическая опасность. *Геоморфологическая опасность* – это явная или скрытая вероятность проявления таких рельефообразующих процессов и вероятность существования таких форм рельефа, которые могут оказать негативное влияние на человека, сферу его жизнедеятельности и первичные природно-территориальные комплексы. *Геоморфологический риск* – это оценка морфогенетических процессов, типов и отдельных элементов рельефа с целью защиты человека и сферы его жизнедеятельности от геоморфологической опасности и сохранения первичных природно-территориальных комплексов. В этой связи важно понимать, что если человек подготовлен и может в деталях прогнозировать процесс, представляющий явную геоморфологическую опасность, то такой процесс может и не составлять для него предмета риска. И наоборот, если человек имеет смутное представление о процессе, пусть

даже не несущем явной геоморфологической опасности, то такой процесс может иметь для него высокую степень риска.

Явная геоморфологическая опасность подразумевает те явления и процессы, которые оказывают непосредственное влияние на человека и окружающую среду. Скрытая геоморфологическая опасность проявляется опосредованно через другие события, либо растянута в пространстве (имеет место в значительном удалении от источника) или во времени (сохраняется и после того, как источник перестал функционировать).

В том же первом круге задач следует установить взаимоотношения между сейсмической и геоморфологической опасностью, классифицировать рельеф зон активных разломов и формы проявления геоморфологической опасности, постулировать рельеф и, как следствие, ландшафт нормальный (идеальный), который в общем смысле слова не представляет опасности для человека, и аномальный, т.е. несущий потенциальную опасность.

В круге задач практического плана следует определить критерии выделения рельефа зон активных разломов; выявить степень опасности и риска геоморфологических явлений и процессов, как для человека и среды его жизнедеятельности, так и для природно-территориальных комплексов; установить влияние морфогенетического фактора на развитие всего физико-географического ландшафта как среды обитания и взаимодействия человека с природой; провести связующую нить следующего характера: тектоническое развитие земной коры → рельеф и геоморфологические процессы → состояние природно-территориального комплекса → опасность → риск.

Таким образом, можно сделать несколько основных выводов. В качестве одного из факторов геоморфологического риска предлагается рассматривать активные разломы. В русле развития представлений о геоморфологическом риске уточнены и конкретизированы некоторые известные постулаты структурной геоморфологии. Предложено выделять новый тип рельефа – рельеф зон активных разломов, различать геоморфологический риск и геоморфологическую опасность, подразделять опасность на скрытую и явную, локализованную/внезапную и рассеянную/постоянную, направленную на человека, техногенную и окружающую природную среду. Определены задачи и перспективы исследований геоморфологического риска. Проведена связующая нить между развитием рельефа и всего природно-территориального комплекса (ландшафта).

Опираясь на выведенные выше положения и решив очерченный круг задач, мы будем в состоянии представить активные разломы как факторы геоморфологического риска и выявить их ландшафтообразующую роль. Мы сможем понять, почему иные природные явления при всей своей опасности и катастрофичности не составляют риска для антропогенной среды, а явления внешне неопасные и неконкретные могут обладать высокой степенью риска. Мы сможем уяснить одну из форм взаимодействия человека и окружающей среды, возможную причину дискомфорта человека и созданного им техногенного мира в естественном природном окружении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геоморфологический риск. Тез. докл. Иркутского геоморфологического семинара. Иркутск, 1993. 140 с.
2. Трифонов В.Г. Позднечетвертичный тектогенез. М.: Наука, 1983. 224 с.
3. Костенко Н.П. Геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1985. 312 с.
4. Кинг Л. Морфология Земли. М.: Прогресс, 1967. 559 с.
5. Knuepfer P.L.K. Tectonic geomorphology and present-day tectonics of the Alpine shear system, South Island, New Zealand. Tucson, Arizona University Press, 1984. 489 с.
6. Меццяряков Ю.А. Рельеф и современная геодинамика. М.: Наука, 1981. 277 с.
7. Armijo R., Tapponnier P., Tonglin H. Late Cenozoic right-lateral strike-slip faulting in Southern Tibet // J. Geophys. Res. 1989. V. 94. P. 2787–2838.
8. DePolo C.M., Slemmons D.B. Estimation of earthquake size for seismic hazards. In: Krinitzsky E.L., Slemmons D.B. Neotectonics in earthquake evaluation: Boulder, Colorado, Geol. Soc. Amer. Rew. Eng. Geol., 1990. V. 8. P. 1–28.

9. *Леви К.Г.* Неотектонические движения земной коры в сейсмоактивных зонах литосферы. Новосибирск: Наука, 1991. 168 с.
10. *Шерман С.И.* Физические закономерности развития разломов земной коры. Новосибирск: Наука, 1977. 101 с.
11. *Adler R.E.* Nutzbarmachung gefugkundlicher Erkenntniese fur den Betiebsablauf. Gluckauf Torschung. 1980. V. 41. P. 256–260.
12. *Шерман С.И., Борняков С.А., Буддо В.Ю.* Области динамического влияния разломов. Новосибирск: Наука, 1983. 111 с.
13. *Pohn H.A.* Joint spacing as a method of locating faults. *Geology*. 1981. V. 9. P. 258–261.
14. *Ben Zion Y., Katz S., Leary P.* Joint inversion of fault zone head waves and direct P arrivals for crustal structure near major faults. // *J. Geophys. Res.* 1992. V. 97. P. 1943–1951.
15. *Li Y.G., Leary P.C.* Fault zone trapped seismic waves. // *Bull. Geol. Soc. Am.* 1990. V. 80. P. 1245–1271.
16. *Bilham R., King B.* The morphology of strike-slip faults: examples from the San-Andreas fault, California. // *J. Geophys. Res.* 1989. V. 94. P. 10204–10216.
17. *Machette M.N., Personius S.F., Nelson A.R.* The Wasatch fault zone, Utah – segmentation and history of Holocene earthquakes. // *J. Struct. Geol.* 1991. V. 13. P. 137–149.
18. The San-Andreas fault system, California. USGS Professional Paper 1515, 1990. 283 p.
19. *Кузьмин С.Б.* Области динамического влияния разломов: геоморфологические аспекты // *Геоморфология*. 1991. № 3. С. 94–102.
20. *Кузьмин С.Б.* Геоморфология зоны Приморского разлома (Западное Прибайкалье) // *Геоморфология*. 1995. № 4. С. 53–61.
21. Геологический словарь. Т. 2. М.: Недра, 1978, 455 с.
22. *Мельников Е.К., Рудник В.А., Мусийчук Ю.И., Рымарев В.И.* Патогенное воздействие зон активных разломов земной коры Санкт-Петербургского региона // *Геоэкология*. 1994. № 4. С. 50–69.
23. Гоби-Алтайское землетрясение. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 391 с.
24. Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука, 1980. 307 с.
25. *Brink U.S., Ben-Avraham Z.* The anatomy of a pullapart basin: seismic reflection observations of the Dead Sea Basin. // *Tectonics*. 1989. V. 8. P. 333–350.

Ин-т географии СО РАН, Иркутск

Поступила в редакцию
07.06.96

ACTIVE FAULTS AS FACTORS OF GEOMORPHOLOGICAL RISK AND THEIR LANDSCAPE FORMING ROLE (GENERAL CONCEPT OF INVESTIGATION)

S.B. KOUZMIN

S u m m a r y

New perspectives of geomorphological risk conception founded in the early 1990th are shown. Active faults are considered to be a factor of risk. Some of tectonic geomorphology postulates were adjusted to the conception of geomorphological risk. Author suggests to consider landforms of faults' zones as a new type of relief, to distinguish geomorphological risk from geomorphological danger, to divide the latter into hidden and obvious, localized/sudden and dispersed/continuous, dangerous for people, technology or environment. Aims and purposes of geomorphological risk investigations are determined.