

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

EXPERIENCE OF GROUND SOUNDING MATERIALS USAGE TO ASSESS SEISMIC HAZARD

ОВСЮЧЕНКО Н.И.	кандидат геолого-минералогических наук, начальник тематической партии ЗАО «НИПИ «ИнжГео»	Краснодар e-mail: ovs@injgeo.ru
OVSUCHENKO N.I.	Candidate of geology/mineralogical science, CJSC «SRIDS InjGeo» Geology Dept Crew Head	Krasnodar
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:	Дистанционное зондирование, геологические процессы, сейсмическая опасность, проектирование для строительства	
KEYWORDS:	Remote sounding, geological processes, seismic hazard, designing for construction of facilities	

В статье охарактеризованы возможности применения материалов дистанционного зондирования в исследовании опасных геологических процессов. Приведены примеры как по материалам космических съемок в сейсмоактивных районах можно фиксировать как быстрые, так и медленные современные движения земной коры, их интенсивность и направленность. Материалы дистанционного зондирования позволяют выявлять зоны глубинных, региональных и локальных разломов с тяготеющими к ним сейсмодислокациям, которые являются местами наиболее вероятного возникновения сильных землетрясений. Содержащаяся в статье информация может быть полезна научным работникам и инженерам производственных организаций, выполняющим работы по изучению опасных геологических процессов, современных движений земной коры и оценке сейсмической опасности участков, проектируемых для строительства различных объектов.

Article suggests application of remote sounding materials in investigating hazardous geological processes. Examples are given for space survey materials in seismic active areas which may interpreted both as fast and slow current earth crust movement, intensiveness and directivity. Remote sounding materials let us to reveal areas of deep, regional and local fractures with seismic dislodging gravitating to them to be the places of most probable potentially strong earthquakes. The info contained in the article may be useful for researchers and engineers of operation companies performing the jobs for investigating hazardous geologic processes, current earth crust movement and assessing seismic hazard of the areas being designed for construction of various facilities.

Прогресс в исследовании опасных геологических процессов тесно связан с применением материалов дистанционного зондирования, позволяющих выделять, анализировать взаимоотношения, ранжировать различные геологические структуры. Материалы космических съемок отражают все формы – результаты современных, вековых, новейших и древних тектонических движений, а при применении повторных съемок в сейсмоактивных районах можно непосредственно фиксировать как быстрые, так и медленные современные движения земной коры, их интенсивность и направленность [Burgmann et al, 2000]. Изучение сейсмической опасности по материалам дистанционного зондирования основывается на идентификации остаточных явлений и деформаций земной коры. Дистанционные материалы отражают участки повышенной трещиноватости, зоны глубинных, региональных и

локальных разломов с тяготеющими к ним сейсмодислокациями, являющимися местами наиболее вероятного возникновения сильных землетрясений (Рис. 1.).

Космические снимки обладают двумя свойствами, обуславливающими специфический характер их информативности:

- 1) обзорностью;
- 2) естественной генерализацией.

Обзорность космических снимков позволяет выявлять пространственные взаимоотношения тектонических структур любых порядков. Естественная генерализация дает возможность получения ранжированной информации о строении земной коры и выявления новых объектов путем интеграции геолого-ландшафтных признаков. При этом возникает эффект «просвечивания» или «рентгеноскопичности» [Верещака и др., 1990], когда структуры фундамента могут просвечивать сквозь толщу рыхлых

отложений мощностью в сотни метров. Разные уровни генерализации космических снимков выявляют специфические наборы отражаемых геологических объектов. При уменьшении масштаба изображения укрупняется ранг дешифрируемых структур, т.е. происходит объективная естественная генерализация структурного плана поверхности Земли. По эмпирическим данным, качественные изменения информативности происходят при изменении масштаба снимка в 3-5 раз [Скарятин, 1973].

Пример получения карты активных разломов путем интеграции геолого-ландшафтных признаков (Рис. 2.).

Пример получения карты активных разломов путем последовательной генерализации материалов дистанционного зондирования (Рис. 3, 4.).

Последовательная генерализация материалов дистанционного зондирования позволила выявить сеть активных ►

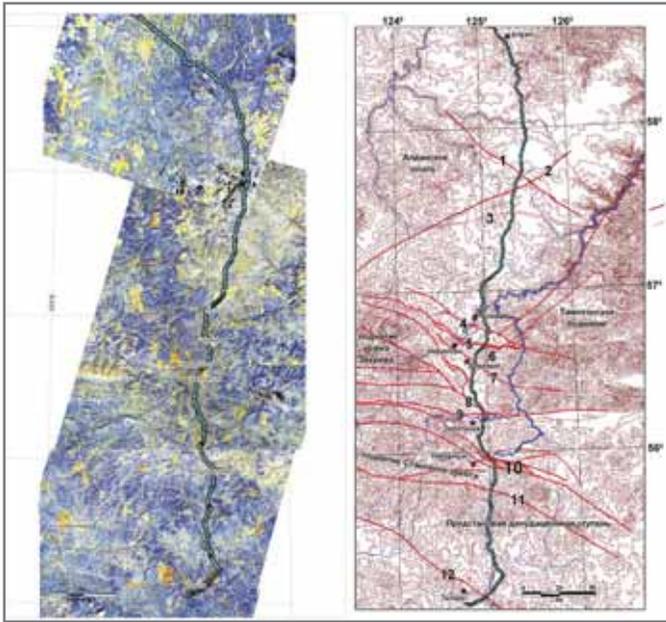


Рис. 1. Космокарта, полученная на основе цифровых спектрональных космоснимков Landsat TM и карта сейсмоактивных разломов, составленная с использованием космоснимков. Карта составлена как основа для детального сейсмического районирования территории Южной Якутии Трасса нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан.

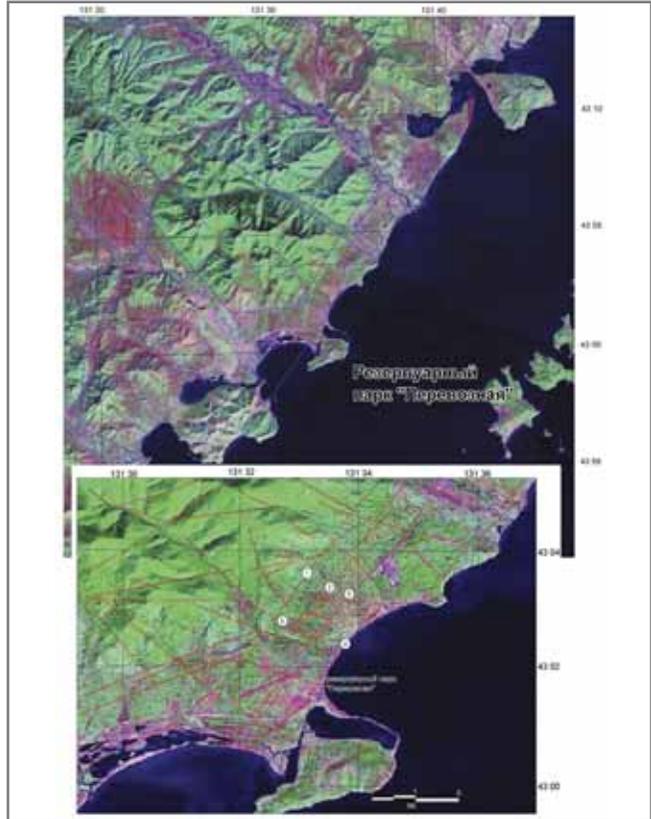


Рис. 2. Космокарты, составленные на основе цифровых спектрональных космоснимков Landsat-4/5 и Landsat-7. Южное Приморье, площадка проектируемого резервуарного парка Перевозная. Схемы линеаментов отражают степень генерализации космоизображений. Красными линиями показаны основные линеаменты. Сопоставление с материалами региональных геолого-геофизических исследований показывает соответствие элементов линеаментной структуры разломам в кристаллическом фундаменте и осадочном чехле территории.

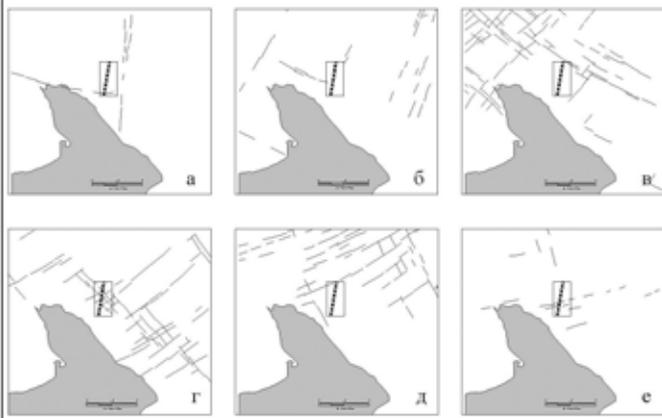
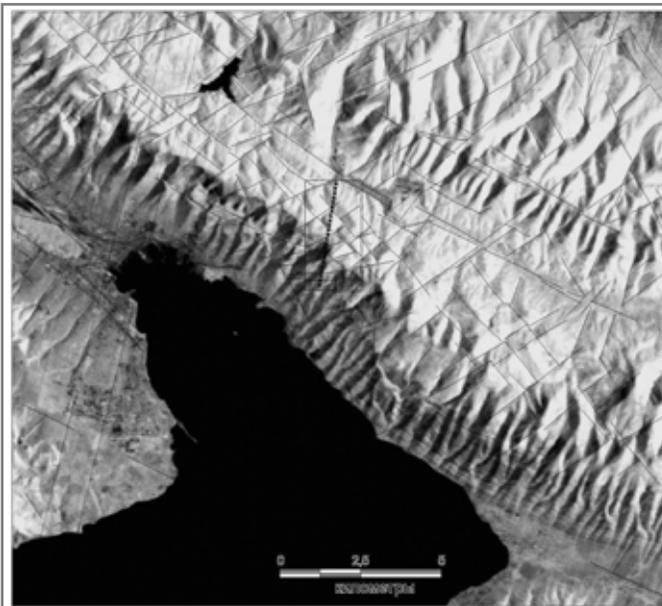


Рис. 3. Космофотолинеаменты и регматические системы планетарной трещиноватости в районе г. Новороссийск (прямоугольником выделен район технологического тоннеля Грушовая-Шесхарис). Схема составлена на основе космофотоснимка МК.

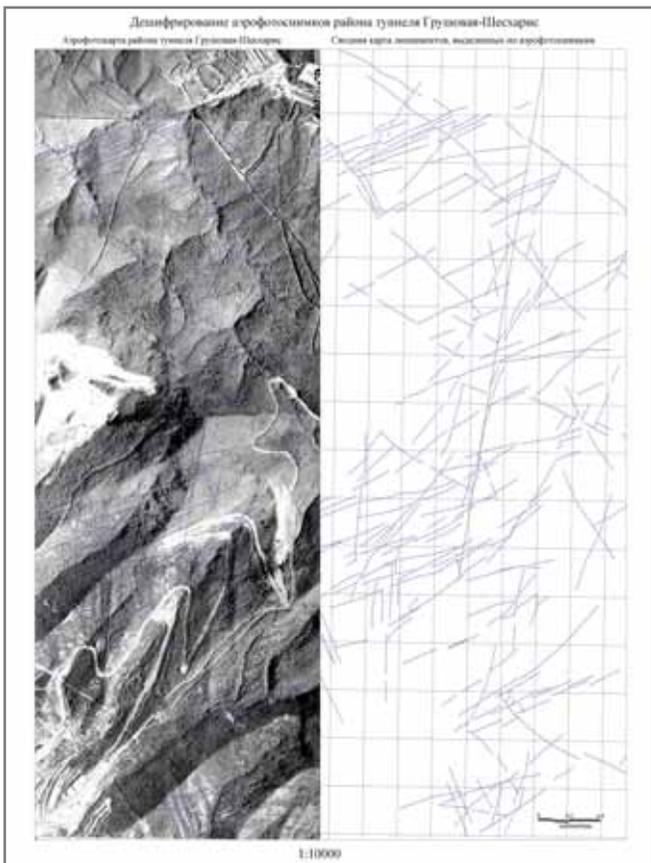


Рис. 4. Схема дешифрования аэрофотоснимков в районе технологического тоннеля Грушовая-Шесхарис.

тектонических нарушений, что было подтверждено полевыми маршрутными, геофизическими и горно-буровыми работами.

Современное состояние средств дистанционного зондирования позволяет дополнить свойства обзорности и естественной генерализации свойством детальности для изучения локальных проявлений сейсмичности и детального изучения активных разломов.

В целях изучения современной тектоники тематическое дешифрирование применяется в двух аспектах [Овсяченко, Шварев, 2005]:

- 1) геолого-геоморфологическое, включающее морфоструктурную и морфодинамическую составляющие;
- 2) структурно-ландшафтное, ориентированное на идентификацию структурно-предопределенных природно-территориальных комплексов, или геосистем.

В качестве основы для дешифрирования линейных тектонических элементов нами используются различные сканерные космические снимки (в частности Landsat TM и ETM+ с пространственным разрешением на местности 15-30 м), космифотоснимки с разрешением 5-15 м, материалы космической радарной съемки 3-х секундного разрешения, а также цифровые аэрофотоснимки и материалы лазерного сканирования масштаба 1:2000. ►

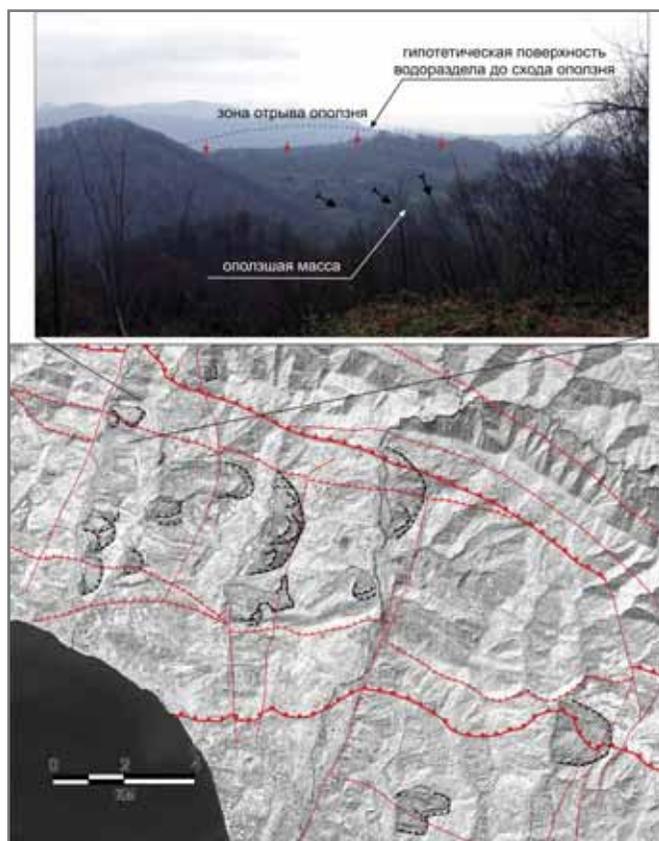


Рис. 5. Фрагмент цифрового космоснимка Landsat-7 (долины рек Сочи, Мамайка, Дагомыс). Красными линиями показаны активные разломы, черными – наиболее крупные, сейсмогенные оползни. Вверху фото одного из оползней. Грандиозный размер и характер строения оползня (оползание целой вершины) позволяют констатировать связь схода оползня с сильным землетрясением. Аналогичное строение и происхождение имеют остальные оползни выявленные при дешифрировании материалов дистанционного зондирования. Оползни связаны с зонами активных разломов. Таким образом, полученная карта позволила разбавить активные разломы на сейсмогенные и несейсмогенные. Зоны таких разломов являются опасными на предмет возможных сильных сейсмических сотрясений и схода крупных разрушительных оползней.

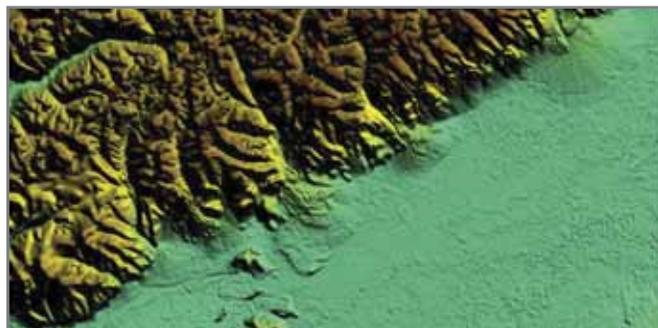


Рис. 6. Материалы космической радарной съемки, Северное Забайкалье, Верхнеангарская впадина, трасса нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан. Зона высокоактивного сейсмогенерирующего Верхнеангарского разлома уверенно идентифицируется на границе впадины и горного хребта по местам тектонических деформаций молодых форм рельефа. Дешифрирование материалов дистанционного зондирования позволило точно локализовать на местности отдельные сегменты разломной зоны, тем самым выявив участки возможных повреждений трубопровода.

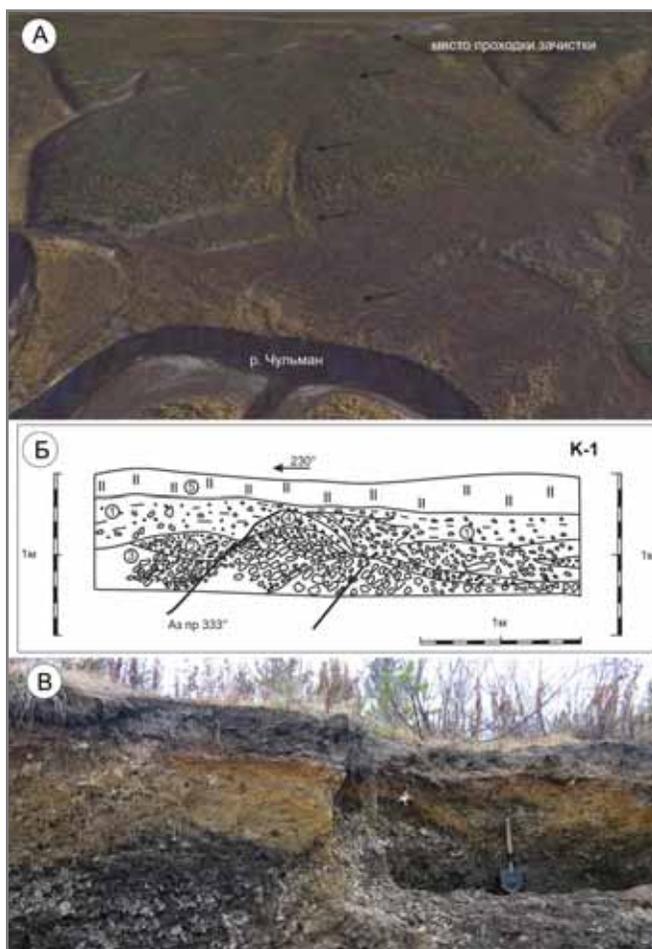
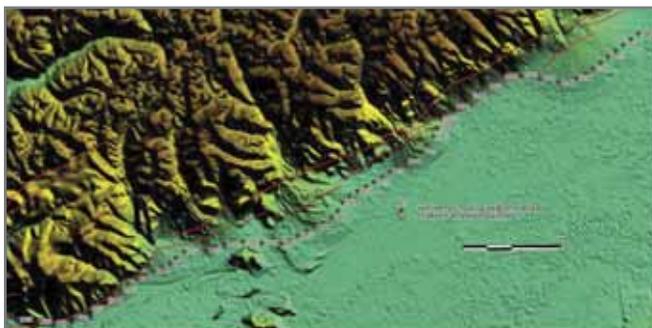


Рис. 7. Пример выявления активного разлома с применением объемной модели рельефа, построенной на основе аэрофотоснимков. Южная Якутия, трасса нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан
А – Модель рельефа на которой хорошо видно смещение надпойменных террас в зоне активного разлома. Линия разлома показана стрелками.
Б, В – смещение четвертичных отложений в зоне разлома (зарисовка и фото стенки зачистки).



Результатом дешифрирования являются:

- анализ закономерных и аномальных сочетаний типов и комплексов экзогенных геологических процессов (ЭГП);
- идентификация структурно-зависимых ландшафтных комплексов;
- выявление и точная локализация на местности активных тектонических нарушений (Рис. 5.).

Для выявления и точной локализации на местности активных тектонических нарушений применяется методика морфотектонического анализа – выявление элементов тектоники по совокупности структурных черт рельефа с применением данных дистанционного зондирования. Принципиальной основой морфотектонического анализа является соответствие рельефа темпам и характеру эндогенных процессов, что определяет две составляющие морфотектонического картирования (морфоструктурную и морфодинамическую). Относительные смещения блоков в процессе неотектонической активизации, создают основные черты рельефа – морфоструктуры, ограниченные активными разломами, а характер экзогенной геодинамики отражает характер современной геодинамической активности в пределах блоков и межблоковых линейных зон.

Характерный пример активного межблокового сочленения (Рис. 6.).

Наиболее благоприятным геоморфологическим объектом выявления новейших и современных тектонических движений являются речные долины, так как речное русло особенно чувствительно ко всякого рода тектоническим перемещениям. Перестройка речного русла во времени неизбежно отражается на морфологии поймы, склонах речной долины, особенностях ее геоморфологического строения, находящих отражение в количестве, высоте, типах речных террас, их сохранности и характере поведения. При этом изучение речных пойм, имеющих обычно позднеголоценовый возраст (сотни – первые тысячи лет),

современного русла (десятилетия) а также комплекса надпойменных террас позволяет делать вывод об особенностях и тенденциях проявления молодых и современных тектонических движений, что крайне важно для решения ряда практических вопросов (Рис. 7.).

Примененный комплексный методический подход позволил констатировать, что в зоне разлома не раз происходили сейсмотектонические подвижки (смещения). Таким образом, охарактеризованный разлом является структурой, контролирующей сейсмические проявления на этом участке трассы нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан (Рис. 8.).

Изучение тенденций экзогеодинамического развития или морфодинамики территории включает две составляющие:

- 1) тенденции развития рельефа и накопления рыхлых отложений в голоцене и позднем плейстоцене или выделение современных и палеоморфолито-динамических комплексов;
- 2) современные проявления экзогеодинамики.

Дешифрирование проявлений экзогенных геологических процессов (ЭГП) основывается на детальном анализе форм ЭГП, и последовательном анализе ассоциаций ЭГП, парагенетических взаимосвязей, морфодинамических комплексов и, в конечном счете, региональных закономерностей ЭГП, как отражения структурных особенностей территории. Мелкомасштабное дешифрирование ЭГП, и, в целом, условий экзогеодинамики, опирается на совокупность косвенных индикаторов – морфологию рельефа (крутизна склонов, высота, расчлененность, площади и типы водосборов и др.) и, реже, прямых индикаторов для наиболее крупных проявлений ЭГП.

Пример катастрофического проявления оползневой процесса, инициированного древним сильным землетрясением (Рис. 9.).

Участок проявления таких масштабных сейсмогравитационных процессов является потенциально опасным и в будущем.

Таким образом, при выявлении, точной локализации на местности и оценке степени современной активности опасных геологических процессов, в качестве подготовительного этапа используется структурно-геоморфологический анализ широкого спектра материалов дистанционного зондирования [Овсяченко, 2006]. Примененная методика показала достаточно высокую эффективность при выявлении и изучении опасных процессов в различных регионах России, включая Центральный и Северо-Западный Кавказ, Восточную Сибирь, Приморье и др. Работы выполнены совместно с постоянным партнером – институтом физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Верещака Т.В., Зверев А.Т., Сладкопцевцев С.А., Судакова С.С. Визуальные методы дешифрирования. М., Недра, 1990, 341 с.
2. Овсяченко А.Н., Шварев С.В. Детальный морфотектонический анализ и оценка современной активности разрывных структур краевой части Северо-Западного Кавказа (Маркотхский хребет). // Геоморфология, 2005, № 2, с. 58-73.
3. Овсяченко Н. И. Изучение современной активности тектонических нарушений в сейсмоопасных районах. // Геопрофи, 2006, № 1, с. 51-55.
4. Скарятин В.Д. Об изучении разрывной тектоники по комплексу разномасштабных космоснимков Земли (метод многоступенчатой генерализации) // Изв. ВУЗов. Геология и разведка, 1973, №7, с.62-67.
5. Burgmann R., Rosen P., Fielding E. Synthetic aperture radar interferometry to measure Earth's surface topography and its deformation // Ann. Rev. Earth. Planet. Sci. 2000, V. 28, pp. 169–209.



Рис. 8. Пример выявления активного разлома с применением детальных цифровых аэрофотоснимков. Характер строения долины р. Мзымта в районе пересечения с Кепшинским разломом (район устья рр. Ахцу и Кепша). Красными стрелками показана линия разлома. В северо-восточном, опущенном крыле разлома располагается участок резкого расширения долины, в котором происходит интенсивная аккумуляция речных отложений. Это указывает на наличие молодой (возможно периодически обновляемой) аллювиальной подпруды, в зоне Кепшинского разлома. Анализ аэрофотоснимков позволил выявить и предварительно привязать на местности зоны высокоактивного разлома.

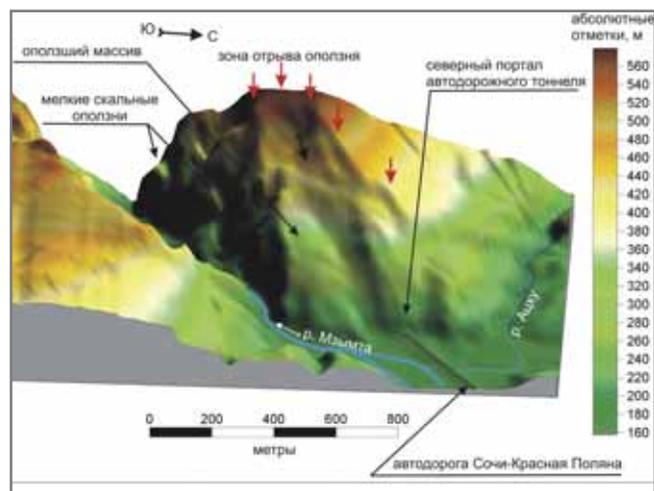


Рис. 9. Объемная схема крупного скального оползня, порожденного древним сильным землетрясением (материалы лазерного сканирования). Участок автодороги Сочи-Красная Поляна в районе п. Кепша.