

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КРИОГЕННЫХ ЯВЛЕНИЙ В СЕЙСМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ РАЙОНАХ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Ф.Н. Лещиков

Институт земной коры СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия

Статья содержит результаты исследований условий образования, распространения, особенностей развития криогенных явлений в сейсмически активных районах под воздействием землетрясений. Выявлены взаимосвязь и различие сейсмодислокаций и криогенных деформаций по морфологическим и литодинамическим признакам. Определены принципы диагностики сейсмодислокаций по криогенным проявлениям. Рассмотрена возможность определения возраста сейсмогенных структур по следам криогенных деформаций.

Юг Восточной Сибири, многолетняя и сезонная криолитозона, криогенные явления, землетрясения, сейсмоструктура

SPECIFIC DEVELOPMENT OF CRYOGENIC PHENOMENA IN SEISMIC DISTRICTS OF SOUTHERN EAST SIBERIA

F. N. Leshchikov

Institute of the Earths Crust SB RAS, 664033, Irkutsk, Lermontova st. 128, Russia

The paper contains results of the investigations of conditions of formation, diffusion, and peculiarities of cryogenic phenomena development in seismic structures that originated after a strong earthquake in the frozen ground. The relationship between seismodislocation and cryogenic deformations from morphologic and lithodynamic characteristics is revealed. The principles of seismodislocation diagnostics by cryogenic presentations are determined. An opportunity of dating a seismogenic structure on the basis of traces of cryogenic deformations is discussed.

South East Siberia, seasonally and perma frozen ground, cryogenic phenomena, seismogenic structure

ВВЕДЕНИЕ

Территория юга Восточной Сибири в мерзлотном отношении входит в южную геокриологическую зону и характеризуется глубоким (до 3—4 м сезонным промерзанием грунтов, преимущественно островным распространением многолетней мерзлоты различной мощности с температурой выше минус 1°C и широким развитием криогенных процессов [Геокриология СССР..., 1989]. Верхним горизонтом мерзлых грунтов до глубины 20—30 м свойственны большое разнообразие не только литологического состава, криогенного строения, мощности, но и изменение свойств (температуры и льдистости) во времени.

Взаимное сочетание мерзлого состояния грунтов и высокой сейсмической активности территории с интенсивностью землетрясений 7—8 баллов и более [Сейсмогеология..., 1981] определяют своеобразную и специфическую геодинамическую обстановку местности и многие особенности развития мерзлых грунтов и криогенных процессов в регионе. В мерзлых дисперсных грунтах разряда напряжений при умеренных и сильных землетрясениях интенсивностью 7—8 баллов и более выражается в форме как упругих,

так и пластично-упругих остаточных деформаций и сопровождается на земной поверхности криогенными образованиями и структурными нарушениями криогенного характера верхних горизонтов сезонно-мерзлого и сезонно-талого грунта. Происходит трансформация криогенного строения и изменение физико-механических свойств отложений.

Инженерно-сейсмологическими исследованиями [Геология..., 1985] выявлено, что мерзлые малольдистые грунты при температуре ниже -2°C по сейсмическим свойствам приближаются к скальным грунтам. Им свойственны упруго-хрупкие деформации. Поэтому их оценка по сейсмической опасности приравнивается к скальным образованиям. В то же время при повышении температуры сейсмические свойства грунтов резко ухудшаются, и их сейсмическая опасность может увеличиваться на 1—2 балла от исходной, особенно в дисперсных высокольдистых отложениях со слоистой и сетчатой криогенной текстурами [Сейсмическое..., 1975] и в которых доминируют пластические деформации.

В сейсмически активных районах юга Восточной Сибири пластические деформации в мерзлых рыхлых отложениях обязаны своим происхождением как криогенным, так и сейсмическим процессам. Пластические деформации в дисперсных мерзлых грунтах, возникшие за счет криогенных факторов, хотя и имеют много общих морфологических и структурных признаков с подобными деформациями, возникшими за счет сейсмогенного фактора, в то же время имеют свои характерные специфические особенности. При криогенных деформациях в разрезе грунта доминируют смятия слоев пластического характера и отсутствуют или занимают подчиненное положение разрывные нарушения типа микросбросов, сколов. Мощность отложений с нарушенной слоистостью соизмерима или немного меньше мощности сезонноталого слоя. Суммарная влажность (льдистость) грунтов сезонноталого слоя обычно превышает нижний предел пластичности.

При деформациях, связанных только с сейсмическим воздействием, дисперсным грунтам свойственны следующие черты. Наличие в разрезе массива грунта клиновидных разрывных нарушений, которые доминируют среди пластических подвижек. Субвертикальные трещины пронизывают не только сезонномерзлый и сезонноталый слои, но и продолжают в верхних горизонтах многолетнемерзлого субстрата. Вертикальная амплитуда сброса (сдвига) в сезонномерзлом и сезонноталом слое грунта остается постоянной как по разрезу, так и по простиранию. Влажность грунтов, подвергшихся сейсмическим воздействиям, может быть различной.

Образовавшиеся после сильных и умеренных землетрясений морфологически выраженные или скрытые с поверхности земли остаточные деформации в толщах рыхлых грунтов (сейсмодислокации) способствуют изменению условий тепло- и массообмена в местах их локализации и, как следствие этого, отмечается деградация многолетней мерзлоты, увеличение глубины сезонного оттаивания грунтов, оживление многих криогенных и экзогенных геологических процессов даже при невысокой фоновой балльности (начиная с 5—6 баллов). При этом создается гетерогенное строение верхней части разреза грунта к сейсмическим воздействиям и резкая неоднородность поля напряжений в этой зоне, вследствие чего возникает дифференцированная и низкая устойчивость грунтов к сейсмическим толчкам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В условиях высокотемпературной преимущественно островной многолетней мерзлоты и

глубокого сезонного промерзания грунтов юга Восточной Сибири отмечается тесная и разнообразная связь формирования и развития криогенных проявлений и новейших тектонических движений. Здесь некоторые криогенные проявления, наблюдаемые на земной поверхности и в верхних горизонтах грунтов, связаны непосредственно с сильными и умеренными землетрясениями. В этой зоне иногда за криогенные эффекты на поверхности земли и в верхних горизонтах грунтов могут быть приняты образования, свойственные сейсмогенным деформациям и наоборот. Одним из наглядных примеров взаимосвязи развития многолетней мерзлоты и криогенных процессов с сейсмическим событием является Торская сейсмоструктура, образовавшаяся при 10-балльном землетрясении в зоне Тункинского разлома. Поверхностный эффект землетрясения выражен опустившейся до 2—3 м эрозионно-тектонической равниной. Поверхность равнины вследствие деградации многолетней мерзлоты осложнена термокарстовыми озерами, многолетними буграми пучения, болотами. Аллювиальные отложения до глубины 2—2,5 м несут следы криогенных пластических деформаций непосредственно в уступе опустившегося блока равнины.

В сейсмически активных районах, входящих в южную геокриологическую зону, многолетняя мерзлота и глубокое сезонное промерзание, обуславливая длительное развитие криогенных процессов, существенно расширяют спектр деформаций земной поверхности и рыхлых грунтов, возникающих в результате землетрясения. Криогенные образования выступают в качестве индикатора длительных подвижек грунта и преобразования рельефа, сохраняют в теле следы неотектонических нарушений, развивают их, а главное — отражают ту ситуацию, которая возникает после землетрясения. Криогенные процессы и явления в определенной степени предопределяют сейсмический потенциал участков их распространения. Они наиболее чутко реагируют на все геодинамические изменения, связанные с эндогенным и экзогенным воздействием, являясь либо зонами, в которых наиболее вероятно разрядка максимальных напряжений, накапливаемых при общем развитии криогенных процессов (участки льдистых грунтов, бугров пучения, морозобойного растрескивания), либо зонами ослабленных напряжений (участки проседания грунта, термокарста, солифлюкции, заболачивания). Криогенные процессы как бы наследуют новейшие тектонические образования. Можно говорить о неотектоническом контроле образования и развития геокриологических проявлений. Поэтому в этой зоне, возникшие после сейсмического события криогенные деформации,

отмечаемые в разрезе отложений и на земной поверхности, нами относятся к типу постсейсмогенных криогенных образований (эффектов).

О времени образования сильных сейсмических событий обычно судят по остаточным деформациям датированных геоморфологических элементов и молодых отложений. В районах с многолетней мерзлотой о следах древних землетрясений дополнительную, а порой и единственную информацию времени их проявления могут дать криогенные образования, сформировавшиеся на земной поверхности и в приповерхностной толще грунтов. Они также могут информировать об особенностях проявлений, интенсивности сейсмического воздействия на мерзлые грунты и являться своеобразным временным репером.

Некоторые криогенные эффекты на поверхности земли — трещинообразование грунтов, подвижки курумов, осыпи и др., возникнув после сейсмического события, не приведшего к заметному изменению условий теплообмена в отложениях, быстро прекращают свое развитие, стабилизируются либо деградируют. Другие же криогенные процессы и явления — пучение, термокарст, солифлюкция, наледи, образовавшиеся после сейсмического события, приведшего к резкому изменению условий теплообмена в грунтах, в дальнейшем по мере развития сейсмодислокации продолжают жить длительный отрезок времени, проявляясь вновь, преобразовываться в иные виды и распространяться на смежные участки. Во многих случаях их действие в зоне сейсмоструктуры усиливается. Так, умеренные по интенсивности, но длительные колебания могут обусловить сейсмогенно-вибрационную ползучесть оттаивающих грунтов и слоистых высокотемпературных мерзлых толщ и формирование гигантских по ширине и объему сейсмогенных солифлюкционно-гравитационных оползней. Ярким примером такого явления предстает сейсмо-солифлюкционно-гравитационный оползень в зал. Саса на о. Ольхон объемом более 2 млн. м³, развивающийся в высокотемпературных и оттаивающих песчано-глинистых неогеновых отложениях и в корках выветривания кристаллических пород [Лешиков и др., 1984].

Иногда усложняется распознавание деформаций, возникших после землетрясения. Так, диагностика сейсмогенных деформаций, возникших на неотектоническом этапе развития территории, в южной зоне многолетней мерзлоты встречает некоторые затруднения вследствие сходства их с палеокриогенными структурами. Последние в определенной степени со временем нивелируют земную поверхность и затушевывают следы сейсмонарушений. В отложениях зоны

новейших разрывных нарушений наряду с первично „записанными“ идет изменение, преобразование и уничтожение информационных признаков последующими наложенными процессами. Поэтому бывает трудно определить первоначальную обстановку в рельефе, в структуре грунта, в характере переноса и аккумуляции рыхлого материала. Значительная часть информации о криогенных склоновых процессах может оказаться не запечатленной или не расшифрованной в структуре отложений и в рельефе.

Морфология, взаимное расположение криогенных образований в зоне сейсмоструктур обычно отличны от подобных криогенных образований, развивающихся вне сейсмоструктуры и в асейсмичных районах. Здесь они распространены локально, группируясь и тяготея к зонам современной тектонической активности, нередко совпадающим с палеозонами повышенной мобильности на фоне их полного отсутствия на обширных смежных территориях. Отчетливо выраженные на земной поверхности криогенные обра-

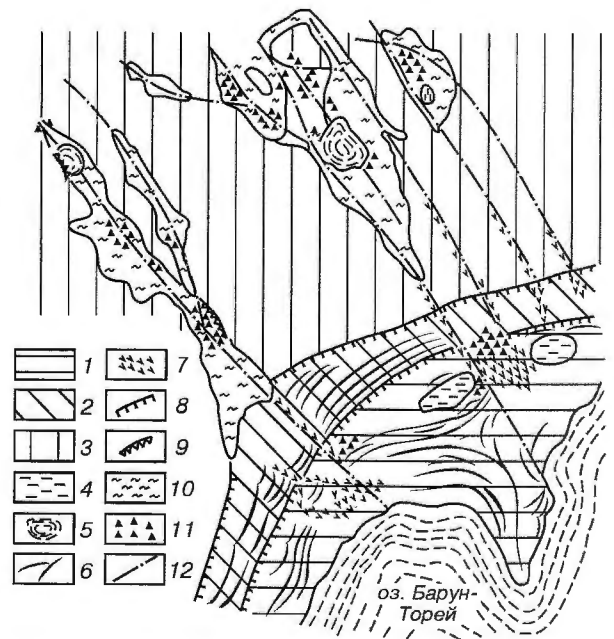


Рис. 1. Схема криогеоморфологического строения северного побережья оз. Барун-Торей [Уфимцев, Сизиков, 1969].

1 — низкая прибрежная озерная цокольная равнина, 2 — озерная цокольная терраса 20-метрового уровня, 3 — древняя денудационная равнина, перекрытая маломощным чехлом неогеновых отложений, 4 — заболоченные низины, 5 — озерные котловины, 6 — береговые валы, 7 — овраги, ложбины стока и конусы выноса, 8 — уступы террас, 9 — невысокие денудационные уступы, 10 — участки развития солифлюкции, 11 — участки развития бугров пучения, гидролакколитов, термокарстовых воронок, 12 — зоны неотектонических разрывов.

зования (бугры пучения, гидролакколиты, термокарстовые озера и воронки), как последствия новейших тектонических подвижек, легко дешифрируются на аэрофотоснимках в виде цепочки вытянутых узких полос. Наглядным примером этому являются криогенные образования в районе Торской котловины, Торейской перемычки (рис.1), южного борта Верхне-Ангарской впадины, долины р. Окунайка и в др. местах. Например, Торейская перемычка — участок между озерами Зун и Бурун Торей, пространственно приурочена к зонам слабых неотектонических разрывов фундамента, активных во второй половине четвертичного периода и имеющих линейную и удлинненную форму [Уфимцев, Сизиков, 1969].

Особенно широкое проявление криогенных процессов отмечается вдоль обводненных зон неотектонических разрывов. Повышенная водоносность зон неотектонических разрывов за счет выхода подземных вод на поверхность обусловила деградацию многолетнемерзлых озерно-аллювиальных отложений неоген-четвертичного возраста и проявление криогенных образований (бугры пучения, гидролакколиты, термокарстовые озера, просадки и воронки, солифлюкционные валы). По мере деградации многолетней мерзлоты возникают замкнутые котловины на месте термокарстовых озер, а существующие озера периодически пересыхают. Своим развитием криогенные процессы способствуют формированию озерных форм рельефа и подготавливают основу для последующего заложения озерной котловины [Уфимцев, Сизиков, 1969]. На отдельных участках в зонах неотектонического дробления, подверженных отепляющему влиянию инфильтрующихся атмосферных осадков, возможно даже формирование таликов атмосферно-инфильтрационного вида.

Эффект изменения сотрясения при прохождении сейсмической волны в мерзлых грунтах с различными формами их залегания, мощности и температуры, в зоне талика и вне его, а также в сезонно-талом слое, подстилаемом многолетней мерзлотой, на участках с частой сменой талых и мерзлых грунтов небольшой мощности (до 10—15 м) различен. При совпадении кинематических элементов колебаний (периоды максимальных амплитуд смещений, скоростей или ускорений) грунтов в них наблюдаются резонансные и кумулятивные явления. В этих условиях на локальных участках возможно приращение сотрясаемости на 1—3 балла и развитие морфо- и литодинамических эффектов при фоновом землетрясении интенсивностью даже 4—5 балла [Сейсмическое..., 1975; Солоненко, 1989]. Например, при Оймяконском землетрясении

18 мая 1971 г. (IX баллов) интенсивность сейсмического сотрясения в пределах районов со сплошным распространением многолетней мерзлоты с удалением от эпицентра закономерно убывала. На расстоянии 250—350 км она снизилась до 4 баллов. Однако при входе в районы островного развития многолетней мерзлоты интенсивность сотрясения повысилась на 1—2 балла [Солоненко, 1973]. В насыпной дамбе шламохранилища Иркутского алюминиевого завода сила сейсмического толчка при землетрясении 2 марта 1987 г. была на 1,5—2,5 балла выше, чем в среднем фоновая по Иркутску (3—4 балла) за счет чередования сезонно-мерзлых (мощностью 3—3,6 м) и талых грунтов, наличия в основании дамбы болотных переувлажненных отложений, обладающих пльвунными и тиксотропными свойствами в талом состоянии. Водная масса шламохранилища в результате сотрясения оказала динамическое воздействие на дамбу, что привело к нарушению ее напряженного состояния. Мутность водной суспензии возросла в 10 раз. На поверхности дамбы появились поперечные трещины шириной до 1 см и глубиной до 1,5—1,8 м, а также образовалась сквозная трещина отрыва по внутренней бровке дамбы. Грунт в теле дамбы дал осадку до 3—5 см.

Вследствие литологической и гидротермической неоднородности приповерхностного разреза грунта до глубины 10—20 м распределение скоростей распространения волн в нем характеризуется значительными вертикальными градиентами и вариацией во времени. В зимне-весенний период при наличии высокоскоростного сезоннопромерзшего слоя мощностью до 3-5 м сейсмическое поле в приповерхностном слое земли характеризуется значительным вертикальным градиентом скорости волн и пространственной однородностью. Большие изменения в распределение скоростей сейсмических волн и в оценку сейсмической опасности площадок вносят сезонномерзлые и сезонноталые грунты, свойства которых меняются довольно резко на протяжении года.

Диапазон колебаний скорости сейсмических волн в слое сезонного промерзания-оттаивания оказывается очень велик: от 400—1200 м/с летом, до 4000 м/с зимой [Джурик и др., 1975; Джурик, Лешиков, 1977]. Кроме того, зимой происходит некоторое увеличение скорости по глубине, что ведет к улучшению сейсмических условий. К концу лета наблюдается обратная картина: скорости уменьшаются, увеличивая тем самым сейсмическую опасность площадки. Потому грунты на одних и тех же участках в зависимости от сезона года обладают различной степенью устойчивости к землетрясениям одина-

ковой энергии. Кроме того, наблюдаются сезонные вариации уровня микросейсмических колебаний земной поверхности, вызванные различными геодинамическими причинами и другими факторами. Все это в совокупности даже со слабыми и умеренными землетрясениями способствует возникновению остаточных деформаций в грунте даже при землетрясении умеренной интенсивности.

Для сезонномерзлого слоя грунта характерно упруготвердое состояние, а при оттаивании грунт приобретает упруговязкое и упругопластичное свойство. Верхняя мерзлая толща грунта характеризуется в зимнее время нарастанием напряжения за счет значительных градиентов температуры (до 15—20° на 1 м глубины), рядка части которого выражается в форме морозобойных трещин, пронизывающих сезонно-мерзлый слой. Сейсмические нагрузки на грунт усугубляют ситуацию. Достаточно малых дополнительных сейсмоакустических напряжений, чтобы в поверхностном слое потенциально неустойчивого грунта, находящегося в упругонапряженном состоянии, образовались дополнительно раскрытые трещины. Поэтому на юге Восточной Сибири иногда можно наблюдать одновременное развитие зимой морозобойных трещин и трещин, возникших во время землетрясения.

Морфологическое строение клиновидных разрывных деформаций, образовавшихся при криогенном и сейсмогенном процессах, бывает часто очень сходным, что затрудняет их распознавание о происхождении. Деформациям, обязанным сейсмогенным процессам, характерна большая раскрытость клиновидных разрывных трещин и значительная линейная протяженность до 100 м. Так, нами в конце зимы 1971 г. была зафиксирована на первой надпойменной террасе р. Иркут в районе с.Тунка свежая одиночная сейсмогенная линейно выраженная полая трещина протяженностью до 50 м (рис. 2). Она не имела отходящих под прямым углом коротких и узких боковых трещин второй генерации, столь свойственных морозобойным трещинам. Ширина раскрытия трещины на земной поверхности достигает 15—20 см. Щуп в полость трещины проникал до глубины 1,2—1,5 м. Форма ее в поперечном разрезе не клиновидная, а каньонообразная. Причем один борт трещины приподнят относительно другого на 5—10 см.

Зимой даже относительно слабые землетрясения интенсивностью 4—5 баллов вызывают формирование наледей, бугров пучения, на озерах трещин во льду (например, землетрясение, происшедшее 14 апреля 1997 г. в долине р. Тья в Северном Прибайкалье). В то же время сезонная мерзлота в значительной мере определяет

характер сейсмогравитационных явлений, консолидируя горные массы на склонах и тем самым сокращая количество оползней, обвалов, земляных и каменных лавин, особенно во время землетрясений, происшедших в зимнее время. В этот период развитие сейсмогенной денудации ослаблено. В целом же многолетняя мерзлота и сезонно-промерзающий слой выступают как фактор увеличивающий устойчивость склонов и удерживающий на них рыхлый материал. Так, во время Уоянских землетрясений интенсивностью 7 баллов в эпицентре (2 ноября 1976 г. $M=5,2$, $K=13-14$ и 4 июня 1977 г. $M=4,7$, $K=13$) мощные мерзлые осыпи на крутых склонах оказались скованными льдом и поэтому не среагировали на сейсмические толчки, в то же время самый верхний не смерзшийся слой сместился вниз по склону, образовав различной величины осыпи и камнепады [Геология..., 1985].

При сейсмическом толчке, проявившемся весной и в первую половину лета в период оттаи-

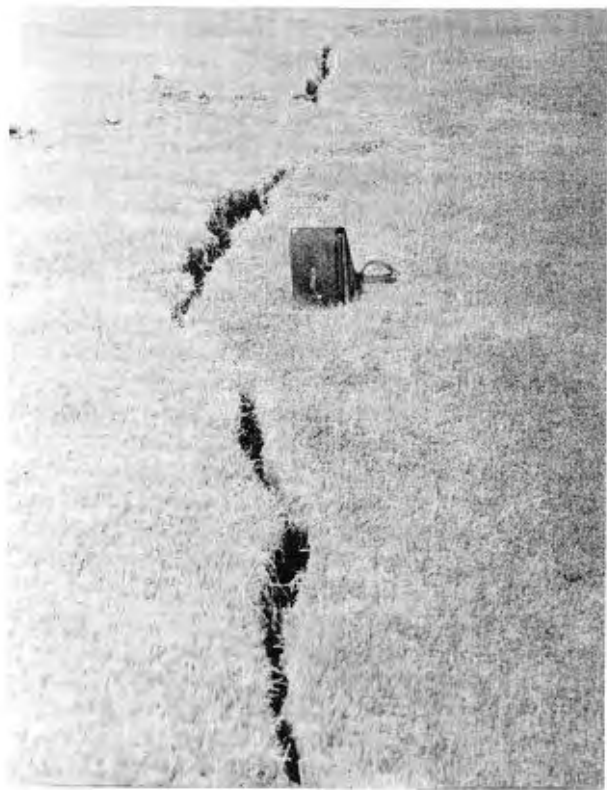


Рис. 2. Трещина в грунте, образовавшаяся зимой 1971 г. на первой надпойменной террасе р. Иркут у дер. Тунка (Тункинская котловина) после сейсмического толчка интенсивностью около 4 баллов.

Амплитуда вертикального смещения грунта до 10—15 см.



Рис. 3. Линейная просадка оттаивающего льдистого грунта на надпойменной террасе р. Иркут у дер. Зактуй (Тункинская котловина), образовавшаяся в результате сейсмического воздействия (конец мая 1971 г.).

вания отложений, на равнинах и в долинах рек образуются мочажины, термокарстовые озера, просадки грунта (рис. 3). На пологих склонах в увлажненном сезонноталом слое преобладают пластические деформации в форме солифлюкционных потоков и лишь на крыльях сейсмогенных структур наблюдаются разрывы почвенно-растительного слоя. Летом во время выпадения интенсивных осадков на склонах крутизной более 15° в момент слабого сейсмического толчка возможны сплывы больших масс оттаявших глинистых отложений, развитие оплывин и т.д. [Лешиков и др., 1984; 1989]. Мощность подвижного чехла грунтов лимитируется глубиной протаивания, но в среднем не превышает 1,5 м.

В горах в летний период наиболее широко распространены сейсмогравитационные процессы, представленные разнообразными фациями: от солифлюкционно-делювиально-коллювиального ряда до крупных оползней и обвалов включительно. Причем наиболее активно перемещение масс грунта под воздействием сейсмического толчка происходит в период сезонного протаивания отложений (май-сентябрь).

Сейсмогравитационные процессы, образовавшиеся на глазах людей в связи с недавними землетрясениями, в большинстве насажены на аналогичные образования более древнего исторического времени, но следы которых до сих пор сохранились в рельефе (о. Ольхон). Сейсмооползни обычно наследуют древние плоскости скольжения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важнейшей особенностью тектонического развития в современную эпоху отдельных участ-

ков в регионе являются подвижки высокольдистых мерзлых, промерзающих и оттаивающих грунтов, сопровождающиеся сочетанием пластических и разрывных деформаций, даже при слабой и умеренной интенсивности землетрясений.

Установленная зависимость развития криогенных процессов от характера сейсмических воздействий открывает широкие возможности в использовании криогенных критериев для выявления местоположения палеосейсмогенных структур, их возраста. Расшифровка подобных криогенных образований в сейсмически активных районах юга Восточной Сибири может дать определенную информацию об особенностях проявления, интенсивности сейсмического события и масштабах его воздействия на грунты, а также может быть использована для прогноза изменения мерзлотных условий площадок после землетрясения.

Учитывая сложное взаимодействие и тесную взаимосвязь криогенных и неотектонических процессов и их морфологических и литодинамических признаков в сейсмически активных районах криолитозоны, необходимо проводить комплексное исследование соответствующих палеосейсмоструктур с использованием методов геокриологического и сейсмогеологического анализа. Выявление всех типов остаточных деформаций, связанных с ранее проходившими сильными землетрясениями, позволяют более надежно дифференцировать площадки по степени сейсмической опасности и степени сейсмического риска для инженерных сооружений.

Литература

- Геокриология СССР. Горные страны юга СССР / Под ред. Э.Д.Ершова. М., Недра, 1989, 359 с.
- Геология и сейсмичность зоны БАМ. Инженерная геология и инженерная сейсмология / Павлов О.В., Джурик В.И., Дреннов А.Ф. и др. Новосибирск, Наука, 1985, 191 с.
- Джурик В.И., Лешиков Ф.Н., Басов А.Д. Упругие свойства мерзлых грунтов в Прибайкалье // Проблемы строительства на мерзлых грунтах: Зап. Забайкал. филиала географ. об-ва СССР. Вып. 104. Чита, 1975, с. 48—58.
- Джурик В.И., Лешиков Ф.Н. Результаты лабораторных исследований скоростей сейсмических волн в мерзлых породах Прибайкалья // Сейсмическое микрорайонирование. Иркутск: ВСФ СО АН СССР, 1977, с. 126—135.
- Лешиков Ф.Н., Спесивцев В.И., Мирошниченко А.П. Оползневые деформации на берегах острова Ольхон // Береговые процессы в криолитозоне. Новосибирск, Наука, 1984, с.71—77.
- Лешиков Ф.Н., Мирошниченко А.П., Тарасов В.В., Тарасова В.Н. Солифлюкционно-оползневые явления в Прибайкалье // Геогр. и природ. ресурсы, 1989, №1, с. 55—59.
- Сейсмическое микрорайонирование в условиях вечной мерзлоты / Отв. ред. В.П.Солоненко. Новосибирск, Наука, 1975, 89 с.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КРИОГЕННЫХ ЯВЛЕНИЙ.

Сейсмогеология и детальное сейсмическое районирование Прибайкалья / Отв. ред. В.П.Солоненко. Новосибирск, Наука, 1981, 168 с.

Солоненко В.П. Сейсмичность криолитозоны и проблемы инженерной сейсмогеокриологии // Вторая Междунар. конференция по мерзлотоведению. Вып. 6. Якутск, Кн. изд-во, 1973, с. 25—32.

Солоненко В.П. Инженерно-сейсмогеологические последствия сильных землетрясений // Инженерная геодинамика и геологическая среда. Новосибирск, Наука, 1989, с. 57—72.

Уфимцев Г.Ф., Сизиков А.И. Структурная приуроченность малых озерных котловин на юге Забайкалья // Вопросы озерного морфолитогенеза: Зап. Забайкал. филиала географ. об-ва СССР, вып. XXXI. Чита, изд-во Забайкал. филиала географ. об-ва СССР, 1969, с. 35—38.

*Поступила в редакцию
28 февраля 1998 г.*