

УДК 556

ОСОБЕННОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ДИНАМИКИ ОПОЛЗНЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кандидат техн. наук *С.В. Агеев*,
доктор сельхоз. наук, кандидат техн. наук *Ю.В. Подрезов*, *А.С. Романов*
ФБГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

З.В. Тимошенко
ВИНИТИ РАН

Приведены: основные особенности возникновения и динамики оползневых явлений и процессов; их классификация; причины возникновения; особенности прогнозирования; предупреждения и борьбы с ними.

Сделан вывод о том, что на сегодня несовершенны методы исследования, мониторинга и прогнозирования оползней. Нет достаточно эффективных технологий предупреждения оползневых процессов и борьбы с ними. Поэтому необходимо продолжать изучение данного процесса, как одного из опасных природных процессов, и создание методов и технологий мониторинга, прогнозирования и предупреждения оползней, а также борьбы с ними.

Ключевые слова: классификация оползневых процессов; мониторинг оползневых процессов; оползневой процесс; оползень; предупреждение оползней; причины образования оползней; прогнозирование оползневых процессов.

PECULIARITIES OF THE EMERGENCE AND DYNAMICS OF THE APPLICATIONS ON THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Ph.D. (Tech.) *S.V. Ageev*,
Dr. of agricultural sciences, Ph.D (Tech), *J.V. Podrezov*,
A.S. Romanov

VNII GOCHS EMERCOM of Russia

Z.V. Timoshenko
VINITI RAN

The article presents: the main features of the occurrence and dynamics of landslide phenomena and processes; their classification; causes of occurrence; features of forecasting ;, prevention and control.

It is concluded that today methods of research, monitoring and forecasting of landslides are imperfect. There are no sufficiently effective technologies for preventing and controlling landslide processes. Therefore, it is necessary to continue the study of this process as one of the dangerous natural processes, and the creation of methods and technologies for monitoring, forecasting and preventing landslides, as well as for combating them.

Keywords: classification of landslide processes; monitoring landslide processes; landslide process; landslide; landslide warning; causes of landslides; forecasting landslide processes.

Как показывает практика и выполненный анализ литературных источников, оползни представляют собой опасное природное явление. [1-23]. Они не только изменяют форму рельефа, но и наносят непоправимый и нередко значительный вред объектам экономики и жизнедеятельности человека. Они угрожают движению поездов, автомобильному транспорту на дорогах Закавказья, Среднего Кавказа, Восточной Сибири. Пахотные земли, расположенные ниже оползневых, нередко заболачиваются. При оползнях интенсивно идет процесс выбывания земель из сельскохозяйственного оборота. Нередко оползни приводят к значительным человеческим жертвам. Оползень шириной 400 м, длиной - 4,5 км, образовавшийся в результате землетрясения 23 января 1884 года с эпицентром около пос. Гиссар (Таджикистан), накрыл поселок Шарора. Под оползнем оказалось 50 домов, погибло 207 человек [1].

Поэтому оползневые процессы нуждаются в более глубоком изучении, для устранения негативных последствий.

В научной литературе встречаются несколько определений оползня.

Оползнем называется скользящее смещение масс горных пород вниз по склону под влиянием силы тяжести.

Оползень (как явление) - это геологическое тело, представленное смещенными горными породами, сформировавшееся в результате развития на склоне оползневого процесса [3].

Оползень (как процесс) - это перемещение образовавшегося оползневого тела по поверхности скольжения без потери контакта с несмещаемым ложем. Следует отметить, что термину «оползень» («landslide») за рубежом соответствует понятие «гравитационные процессы», понимая под этим термином также обвалы, оползни, сели, осыпи, крип, их комбинации и др. [4-6].

Подверженность населённых пунктов и хозяйственных объектов воздействию оползней проиллюстрируем приведением примеров разрушительного воздействия оползней за 2004 г. на территории г. Барнаула. Оползни носили антропогенный характер, т.е. их активизация произошла вследствие непродуманной деятельности человека.

На участке восточного спуска трассы ГЗУ ТЭЦ-2 (четвёртый оползневой район) 2 мая произошёл антропогенный оползень, в результате чего частично разрушился железный лоток, и деформировались две действующие нитки золопровода, что привело к аварийной утечке золопульпы в пойменную часть реки. Обь (рис. 1). В связи с тем, что дальнейшая эксплуатация трассы золопровода на этом участке стала невозможной, из-за сложности её восстановления в результате образовавшегося достаточно объёмного оползневого цирка и наличия большой крутизны берегового склона, было принято решение о переносе её в безопасное место [9].

Необходимо сказать, что на образование оползней оказывает влияние множество факторов, в том числе климатический, гидрогеологический, сейсмотектонический, антропогенный и др. На образование оползней влияют также такие факторы, как абсолютная высота, экспозиция склона, удаленность от зон региональных тектонических нарушений.

Таким образом, оползнями называют скользящее смещение масс горных пород вниз по склону под влиянием силы тяжести. При этом, импульсом к началу такого смещения обычно служит выпадение необычно обильных дождей или быстрое таяние снежного покрова, вызывающее избыточное поступление воды в водопроницаемые толщи, а также сейсмические толчки.

В горах оползневые процессы происходят при переувлажнении рыхлых отложений, залегающих на крутых склонах. На равнинах образование оползней обусловлено наличием глинистых водоупорных слоев, располагающихся наклонно в стороны речной долины, глубокого оврага или к крутому берегу моря. Такое залегание пород создает механически неравновесные условия для грунтовых масс, находящихся над водоупорным слоем. Поверхность этого слоя при избыточном увлажнении становится скользкой, прочность

сцепления водоупорной поверхности и вышележающей грунтовой толщи ослабевает и в тот момент, когда сила сцепления водоносного слоя с залегающей выше толщей становится меньше силы тяжести этой толщи, начинается скольжение отдельных блоков грунта по наклонной поверхности водоупора.



Рис. 1. Оползень на участке восточного спуска трассы ГЗУ ТЭЦ-2. Разрушен железный лоток, деформация рабочих ниток золопровода.

Важно подчеркнуть - влияние геолого-геоморфологических и гидрогеологических факторов. Так оползневой процесс наиболее интенсивно и активно проявляется в областях новейших и современных поднятий, зонах и узлах пересечения живых разломов, районах высокой сейсмичности, на увлажненных, подрезанных и перегруженных склонах. Очень часто незначительные изменения рельефа, отклонение от обычных метеорологических условий в сочетании с другими факторами служат причиной нарушения устойчивости склонов и возникновения оползневых явлений.

Так с абсолютной высотой в горах связано количество выпадающих осадков, которое увеличивается с увеличением абсолютной высоты, в то время как температура воздуха снижается. Соответственно с возрастанием высоты увеличивается вероятность образования оползней. Анализ литературных источников показывает, что на абсолютные высоты от 800 до 1000 м приходится в горах 9,2% всех оползней, от 1000 до 1700 м – 90,9% оползней [1- 23].

Оползнеопасными территориями следует считать склоны и примыкавшие к ним участки плато и террас, где оползни развиваются или могут возникнуть вследствие увеличения интенсивности воздействия антропогенных или естественных факторов.

Оползни могут происходить на всех склонах, начиная с крутизны 19°. Однако на трещиноватых глинистых грунтах оползни могут начаться и при крутизне склона 5 - 7°. Для этого необходимо лишь избыточное увлажнение горных пород.

Оползни могут сходить в любое время года. Однако оползневые смещения приурочены в основном к определенным сезонам года. В разных регионах России это разные сезоны года.

Оползневой процесс относится к числу прерывистых унаследованных процессов. Например - Крым относится к числу регионов с интенсивным развитием оползневых процессов. На полуострове зарегистрировано более одной тысячи действующих оползней. Они сосредоточены в Южном, Северном, Западном и Восточном оползневых районах, соответствующих южному и северному макросклонам Крымских гор, Равнинному Крыму и Керченскому полуострову. Во внутренней части полуострова преобладают эрозийные, а на побережье - абразионные оползни. Одним из факторов влияющих на оползневые процессы в Крыму является климат, а именно распределение осадков и их цикличность, выраженная максимумами и минимумами. Самые большие осадки выпали в 1990-1991 гг. (1258 мм), 1996-1997 гг. (1093 мм) и 1987-1988 гг. (1056 мм) [1]. Достаточно интенсивные осадки выпали за сутки с 6 по 7 сентября во время грозы: в Ялте выпало 83 мм осадков, в Феодосии - 107 мм, что соответствует трехмесячной норме осадков [8].

Рассмотрим основные характеристики оползней.

Оползневые процессы характеризуются следующими параметрами:

- типом пород;
- влажностью пород;
- скоростью движения оползня по склону;
- объемом пород;
- смещением при оползнях;
- максимальной длиной оползня по склону.

Породы, составляющие основу оползня, могут быть самые различные - от глинистых масс до скальных. Наиболее благоприятные с точки зрения образования оползней является лёссовые породы. Оползни могут быть "сухие" (не содержат влаги), "слабовлажные" (содержат немного несвободной воды, обуславливающей пластичность и текучесть грунта), "влажные" (содержат достаточно воды, чтобы частично обладать текучестью), "очень влажные" (содержат достаточно воды для жидкого течения на голых склонах).

Скорость движения оползня по склону может быть различной. Шкала скоростей движения оползней представлена в табл. 1.

Таблица 1

Шкала скоростей движения оползней

Граничная скорость	Оценка движения
3 м/с	Исключительно быстрое
0,3 м/мин	Очень быстрое
1,5 м/сут	Быстрое
1,5 м/месяц	Умеренное
1,5 м/год	Очень медленное
0,06 м/год	Исключительное медленное

Результаты исследований показывают, что объем смещаемых при оползнях пород колеблется в очень больших пределах - от нескольких сот до многих миллионов кубических метров. При этом деформация земляной массы при оползнях достигают 100 - 1200 м вдоль склона, 80 - 180 м вглубь массива. В Средней Азии, например, в зоне контактов лёссов с другими породами, зафиксированы оползневые смещения от десятков тысяч до 40 млн. м³. В подобных случаях для оползневого процесса характерны длительность подготовки и относительно быстрое смещение масс. Площадь, подверженная оползневому

смещению, также колеблется в значительных пределах, зависит от типа и объема смещения, но, как правило, составляет 600 -1200 м² [2].

В нашей стране оползни имеют место по берегам крупных рек европейской части России, в Крыму, на Северном Кавказе, в Закавказье, Восточной Сибири.

Для наглядности следует отметить, что на территории бывших республик Советского Союза оползневые процессы были везде, но наиболее оползнеопасными были площади: Азербайджана, Армении и Узбекистана. Так в Азербайджане общая площадь земель, находившихся в оползневой зоне, составляла около 4040 км², в Армении оползнями охвачено более 2 тыс. км² территории, а в Узбекистане по состоянию было выявлено 3064 оползня, из них 954 крупных, развитых на площади 188,1 тыс. га [1,2].

Наиболее крупные оползневые процессы происходят в Киргизии и в Таджикистане в Центральном, Южном Тянь-Шане. Площадь их проявления составляет 32 тыс. км². Объем – от сотен до миллионов кубометров [1].

Оползневые процессы классифицируются по нескольким критериям (признакам). Всего в литературе приводится более 30 классификаций оползней [1-23].

По механизму оползневого процесса выделяются оползни:

- сдвига;
- вязкопластические;
- гидродинамического выноса;
- внезапного разжижения;
- сложного (комбинированного) механизма.

По мощности оползневого процесса оползни делятся на:

- малые – до 10 тыс. м³;
- средние – от 11 до 100 тыс. м³;
- крупные – от 101 до 1000 тыс. м³;
- очень крупные – свыше 1000 тыс. м³ вовлекаемой в процесс массы горных пород.

Далее рассмотрим причины возникновения оползней.

Установлено, что для формирования оползней на склонах необходимо существование следующих факторов:

- наличие водного слоя и его наклона в сторону склона,
- наличие водоносного горизонта и подземных вод.

Толща пород может начать двигаться по разным причинам, из-за:

- землетрясения;
- сильного дождя, увеличившего ее вес;
- подмыва склона рекой или морем и неосторожным срезанием его человеком.

Результаты исследований оползневых районов показали, что оползни представляют собой сложный процесс, протекающий под влиянием комплекса факторов, в числе которых находятся и подземные воды [1-6]. К таким факторам относятся:

- интенсивный подмыв берега рекой или абразия морем (разрушение действием прибоев) в ряде случаев являются одной из главных причин возникновения оползней в Поволжье, на Черноморском побережье Кавказа и в других районах. При подмыве берега рекой или абразии морем увеличивается крутизна склона и его напряженное состояние, что, в конце концов, приводит к нарушению равновесия земляных масс и их оползанию;

- влияние атмосферных осадков сказывается на устойчивости земляных масс. Так, например, отмечается, что оползни в овражной сети Южного побережья Кавказа происходят преимущественно в конце дождливого периода (февраль - март), когда наблюдается максимальное насыщение грунтов водой. В целом, важное значение имеет степень обводненности пород как метеорными, так и подземными водами;

- изменение консистенции (состояния) глинистых пород склона в результате воздействия подземных или поверхностных вод и процессов выветривания. При условии обнаже-

ния глины в береговом склоне, она подвергается воздействию различных внешних факторов и выветривается, постепенно усыхает, растрескивается. Особенно этому помогает периодическое воздействие воды, при котором попеременные увлажнение и высыхание могут совсем нарушить ее монолитность. При насыщении водой такая разрушенная глина приобретает пластическое или текучее состояние и начинает сползать по склону, увлекая за собой и другие породы;

- образованию оползней способствуют процессы суффозии (от лат. suffosio – подкапывание, подмывание), заключающиеся в выносе фильтрующимися водами сквозь водопроницаемые отложения мелких обломочных частиц, вследствие чего эти отложения становятся менее плотными, а наклонно залегающие над ними грунтовые массы начинают сползать вниз по склону (рис. 3 – приложение 2). В условиях выровненной поверхности суффозия приводит к проседанию грунта и образованию неглубоких замкнутых депрессий рельефа. Такие формы рельефа, часто встречающиеся в степной зоне на площади залегания лессов и лессовидных отложений, известны под названием степных блюдц, просадочных западин и т.п.;

- гидродинамическое давление, создаваемое подземными водами близ выхода на поверхность склона. Особенно это проявляется при наличии гидравлической связи подземных вод с рекой. В этом случае в моменты половодий речные воды питают подземные (рис. 3), вследствие чего их уровень также поднимается. Спад полых вод в реке происходит сравнительно быстро, а понижение уровня подземных вод в склоне относительно медленно. Получается как бы разрыв между уровнями подземных и речных вод, чем и создается дополнительное гидродинамическое давление в склоне. В результате может произойти выдавливание присклоновой части водоносного слоя, а вслед за ним оползание горных пород, расположенных выше. В связи с этим в ряде случаев отмечается активизация оползней после паводков;

- условия залегания горных пород, слагающих склон, или, иначе, структурные особенности. К ним относятся: падение пород в сторону реки или моря особенно если среди них есть слои глин и водоносные горизонты на них; наличие тектонических и других трещин падающих в том же направлении; значительная степень выветривания пород;

- неосторожная деятельность человека, которая иногда приводит к нарушению устойчивости склона. Это может быть связано: с искусственной подрезкой склонов, с разрушениями пляжей (как это иногда имело место при строительстве морских портовых сооружений без учета естественных условий формирования пляжей и направления движения наносов), с дополнительной нагрузкой на склон, с неумеренной вырубкой леса.

Для предотвращения негативных последствий оползней, следует сказать и о прогнозировании оползневых процессов.

Оползневые процессы можно и целесообразно прогнозировать. Для этого, прежде всего, необходимы тщательные инженерно-геологические и инженерно-гидрогеологические исследования. Важно при прогнозировании возникновения оползней учитывать следующие условия:

- наличие склона;
- достаточной массы скальных пород или рыхлой почвы;
- и составляющей силы тяжести скальных пород, направленной тангенциально к поверхности.

Важно в прикладном плане, чтобы прогноз оползней давал ответы на следующие вопросы:

- может ли образоваться оползень в данном месте?
- где в первую очередь возникнут оползни?
- каковы будут размеры оползня?
- когда произойдет основное смещение оползневого тела?
- какова будет скорость и амплитуда смещения?

В настоящее время известны несколько методов прогноза оползней:

- долгосрочный - на годы;
- краткосрочный - на месяцы, недели;
- экстренный - на часы, минуты.
- наиболее достоверный из них - краткосрочный прогноз [1-2].

Для прогнозирования оползневых процессов применяются различные методы. Так при долгосрочном прогнозировании применяется так называемый метод ритмичности, основанный на выявлении периодов активизации оползней, связанных с выпадением осадков и другими метеорологическими элементами. При этом, обычно прослеживается достаточно тесная связь количества оползней с величиной солнечной активности и менее тесная связь с атмосферными осадками.

В свою очередь, краткосрочный и экстренный прогнозы основаны на использовании геодинамических измерений и построении на их основе прогнозной модели оползневого процесса методом регрессионного анализа. В этом случае учитывается устойчивость склона, определяемая отношением удерживающих и сдвигающих сил.

Более подробно следует сказать о влиянии человека на оползневые процессы и о возможностях борьбы с ними.

Так, естественные условия, способствующие оползням, например, на берегах Волги, усугубляются неосторожностью человека, срезающего нижнюю часть склона для проведения улиц, дорог к пристаням и нагружающего вышележащий склон зданиями, которые со временем обязательно разрушатся. Отсутствие канализации в городах увеличивало раньше количество воды, проникающей в водоносные слои [10].

Еще один пример. Западный берег озера Байкал от истока реки Ангары до станции Култук обусловлен крупным сбросом, создавшим глубокую впадину озера. При проведении железной дороги это не было учтено; многочисленные тоннели и выемки пересекают оконечность мысов между долинами слишком близко к крутым береговым откосам, где твердые горные породы разбиты трещинами, параллельными главному сбросу, и поэтому неустойчивы. Происходят обвалы стенок выемок, искривляя пути, выпадение глыб из сводов тоннелей вследствие продолжающихся мелких подвижек вблизи сброса [10].

Нужно отметить, что для успешной борьбы с оползнями необходимо знание режима подземных вод. Правильное регулирование режима подземных вод способствует прекращению оползней.

Среди мер борьбы с оползнями является лесонасаждение и подсыпки, укрепление склонов путем покрытия дерном с прошивкой сваями и кольями. Более надежно склон закрепляется бетонными и каменными стенками. Еще более надежное средство - устройство подземного дренажа (прокладка труб) и поверхностный дренаж путем устройства водосборных бетонированных канав на поверхности склона для сбора атмосферных вод. Таким способом, например, укреплен крутой склон правого берега Москвы-реки на Воробьевых горах, где возвышается лыжный трамплин.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что оползни по разрушительности и непредсказуемости последствий не уступают наводнениям, землетрясениям и другим катастрофам нашей планеты. Подтверждением тому может служить оползень, произошедший на юге Киргизии, в селе Будалык 27 марта 2004 года. По словам очевидцев, объем сместившихся горных пород составил несколько млн. м³. Было стерто с лица земли 12 домов, и погибло 33 человека. Ранее в этом районе уже случались подобные явления, но не столь крупных масштабов. Проводившиеся исследования показывали, что горы не опасны, и возможность новых оползней ничтожна. Причиной этого оползня стало землетрясение, произошедшее ночью перед катастрофой. Однако в данный момент специалисты утверждают, что существует угроза новых оползней [10].

Этот случай показывает, насколько несовершенны методы исследования, мониторинга и прогнозирования оползней. Нет достаточно эффективных технологий предупреждения оползневых процессов и борьбы с ними. Поэтому необходимо продолжать изучение данного процесса, как одного из опасных природных процессов, и создание методов и технологий мониторинга, прогнозирования и предупреждения оползней, а также борьбы с ними.

Литература

1. Справочные данные о чрезвычайных ситуациях техногенного, природного и экологического происхождения (временные). Часть 1. Общие сведения о чрезвычайных ситуациях. - М.: ВНИИ ГОЧС. - 1990.
2. Справочные данные о чрезвычайных ситуациях техногенного, природного и экологического происхождения (временные). Часть 2. Прогнозирование последствий крупных аварий и стихийных бедствий.- М.: ВНИИ ГОЧС. - 1990.
3. <http://opolzni.ru/%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B7%D0%BD%D0%B8-%D1%87%D1%82%D0%BE-%D1%8D%D1%82%D0%BE/>
4. Петров Н.Ф. Оползневые системы. Простые оползни (аспекты классификации). – Кишинев: Изд-во «Штиинца». - 1987. -161 с.
5. Cruden D.M. A simple definition of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology. - 1991. Vol. 43. -P. 27-29.
6. WP/ WLI (International Geotechnical Societies UNESCO Working Party on World Landslide Inventory) A suggested method for describing the activity of a landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. - 1993. -№ 47. - P.53-57.
7. https://otherreferats.allbest.ru/geology/00373947_0.html.
8. <https://www.bfm.ru/news/394143>.
9. <https://scibook.net/jiznedeyatelnosti-bjd-bezopasnost/analiz-prognozirovanie-obvalov-18183.html>.
10. <https://scibook.net/jiznedeyatelnosti-bjd-bezopasnost/analiz-prognozirovanie-obvalov-18183.html>.
11. Подрезов Ю.В. Особенности формирования и предупреждения опасных вихревых процессов в атмосфере Земли, основные характеристики опасных вихревых процессов. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», №5 за 2017.
12. Подрезов Ю.В. Анализ основных климатических изменений на Земле и возможные их последствия. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций». Выпуск № 2.- М.: ВИНТИ. - 2012.
13. Подрезов Ю.В. Анализ особенностей загрязнения атмосферы городов. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций». Выпуск №2.- М.: ВИНТИ. - 2013.
14. Подрезов Ю.В., Донцова О.С., Тимошенко З.В. Анализ современного состояния проблемы потепления климата на земле. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 6 за 2016 год.
15. Подрезов Ю.В. Проблемные аспекты исследований по активным воздействиям на атмосферные процессы. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 3 за 2015 год.
16. Подрезов Ю.В. Основные особенности формирования погодных процессов в атмосфере Земли. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 5 за 2015 год.
17. Подрезов Ю.В. Обобщенный анализ современных способов и средств управления атмосферными процессами. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 6 за 2016 год.

18. Подрезов Ю.В., Донцова О.С., Тимошенко З.В. BIM - моделирование зданий и сооружений. Повышение оперативности их строительства и безопасности эксплуатации. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», №2 за 2017 год.

19. Подрезов Ю.В. Особенности формирования и предупреждения опасных вихревых процессов в атмосфере Земли, основные характеристики опасных вихревых процессов. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», №5 за 2017.

20. Подрезов Ю.В. Особенности борьбы с наводнениями в современных условиях. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 6 за 2017.

21. Агеев С.В., Подрезов Ю.В., Романов А.С., Тимошенко З.В. Современные и перспективные средства и система борьбы с опасными метеорологическими процессами, базирующиеся на электрофизических методах воздействия на атмосферные процессы. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 3 за 2018.

22. Подрезов Ю.В. Особенности воздействия на метеоусловия с использованием химреагентов в интересах предупреждения чрезвычайных ситуаций природного характера. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 3 за 2018.

23. Подрезов Ю.В. Современные особенности мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 4 за 2018.

Сведения об авторах

Агеев Сергей Владимирович - начальник 5 научно - исследовательского центра ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), тел. (495)-449-99-58, 8-905-748-15-62; электронная почта: asvaser@yandex.ru;

Подрезов Юрий Викторович - доцент, главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ); Москва, ул. Давыдовская, д.7, тел. (495) 449 90 25, заместитель заведующего кафедрой Московского физико-технического института (государственного университета). 8-903-573-44-84, E-mail: uvp4@mail.ru

Романов Александр Семенович, заместитель начальника 5 центра ФГБУ ВНИИ ГЧС (ФЦ); тел.: 8-903-625-92-47; e-mail: romalsem@yandex.ru.

Тимошенко Зинаида Владимировна - научный сотрудник ВИНТИ РАН, 125190 ул. Усиевича, 20, тел. 8 (499) 155-44-26