

Источник фото: Pixabay
The photo source: Pixabay

ОБ УЧЕТЕ ВТОРИЧНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ В НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТАХ

Обзорная статья

Поступила в редакцию 18.01.2023. Принята к публикации 27.02.2023.

© Независимый электронный журнал «ГеоИнфо», 2023

МИРОНЮК С.Г.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия
Адрес: Россия, 119991, г. Москва,
Ленинские горы, д. 1

АННОТАЦИЯ

К разрушению зданий и сооружений часто приводят не сами землетрясения, а их вторичные эффекты – цунами, подтопления, сейсмогенные смещения вдоль разломов, разжижение грунтов, оползни (в том числе обвалы), лавины и пр. Хорошо известно, что при проектировании и строительстве зданий и сооружений в сейсмоопасных районах суши необходимо оценивать опасность таких сейсмогенных процессов и явлений. В данной статье дается краткий обзор проблемы учета вторичных последствий землетрясений при детальном сейсмическом районировании и микрорайонировании суши и акваторий в нормативно-методических документах. Особое внимание обращается на оценку сейсмической опасности акваторий, в том числе на необходимость более детального изучения еще слабо исследованной динамики извержений морских грязевых вулканов и выявления ее связи с землетрясениями.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

сейсмическая опасность акваторий; грязевые вулканы; землетрясения.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Миронюк С.Г. Об учете вторичной сейсмической опасности в нормативно-методических документах // Геоинфо, 2023, № 1, С. 28–46
doi:10.58339/2949-0677-2023-5-1-28-46

ON THE CONSIDERATION OF SECONDARY SEISMIC HAZARD IN REGULATORY AND METHODOLOGICAL DOCUMENTS

Review paper

Received 18.01.2023. Accepted 27.02.2023.

© Independent electronic journal "GeoInfo", 2023

SERGEY G. MIRONYUK

Lomonosov Moscow State University,
Moscow, Russia, va-korolev@bk.ru
Address: 1 Leninskiye Gory, Moscow,
119991, Russia

ABSTRACT

It is not earthquakes themselves that often lead to the destruction of buildings and structures, but their secondary effects such as tsunamis, flooding, seismogenic displacements along faults, soil liquefaction, landslides (including collapses), avalanches, etc. It is well known that in the design and construction of buildings and structures in seismically hazardous land areas, it is necessary to assess the hazards of such seismogenic processes and phenomena. This paper provides a brief overview of the problem of taking into account the secondary consequences of earthquakes in detailed seismic zoning and microzoning of land and water areas in regulatory and methodological documents. Particular attention is paid to assessing the seismic hazards of water areas, including to the need for more detailed studies of the still poorly studied eruption dynamics of marine mud volcanoes and for revealing the relationship between the eruption dynamics and earthquakes.

KEYWORDS:

water area seismic hazards; mud volcanoes; earthquakes.

FOR CITATION:

Mironyuk S.G. Ob uchete vtorichnoy seismicheskoy opasnosti v normativno-metodicheskikh dokumentah [On the consideration of secondary seismic hazards in regulatory and methodological documents] // GeoInfo, 2023, № 1, S. 28–46 doi:10.58339/2949-0677-2023-5-1-28-46(in Rus.).

Введение ▶

Как показывает практика эксплуатации зданий и сооружений в сейсмичных районах, их разрушение часто происходит не от колебаний грунтов в основаниях конструкций, а от так называемых вторичных эффектов сильных землетрясений (цунами, сейсмогенных смещений вдоль разломов, разжижения грунтов, оползней, в том числе, обвалов, и др.). Известны многочисленные случаи, когда именно вторичные геологические процессы и явления вызывали большой материальный и социальный ущерб при землетрясениях [1–3]. В этой связи нельзя не упомянуть работу Г.Л. Коффа и Е.В. Рюминой [4], в которой отмечалось, что «масштабы последствий вторичных воздействий соизмеримы с последствиями самого землетрясения».

Максимально полный список «сухопутных» вторичных сейсмогенных процессов и явлений и перечень нормативно-методических документов, предписывающих их изучение, приведен в ра-

боте С.Н. Никитина и др. [5]. Анализ этого списка показал, что в настоящее время при проектировании и строительстве зданий и сооружений в сеismoопасных районах суши необходимо оценивать опасность следующих сейсмогенных процессов и явлений: оползней в том числе, обвалов, разжижения грунтов, лавин, подтопления и цунами.

Цель данной статьи – привлечь внимание специалистов прежде всего к проблеме оценки сейсмической опасности акваторий, в частности к изучению еще слабо исследованной динамики извержений морских грязевых вулканов и выявлению ее связи с землетрясениями.

Вопросы терминологии ▶

Извержения разжиженных осадков различного состава из образующихся во время сильного землетрясения сейсмогенных разрывов и трещин или из раскрывшихся ранее возникших структур прорыва флюидов создают на местности разнообразные флюидогенные формы рельефа (формы рельефа на поверх-

ности литосферы, возникающие в результате напорной восходящей миграции холодных флюидов) [6] – чаще в виде сейсмогенных грязевых сопки, грифонов и кратерообразных провалов (для обозначения этих форм Э.А. Штебером был предложен термин «вулканоиды») [7]. Эти формы по большей части проявляются в водонасыщенных аллювиальных, озерных и морских отложениях. Вулканоиды – приповерхностные образования, формирующиеся под действием гидравлических ударов, которые сопровождаются выбросами воды и дисперсных грунтов (песка, супесей, суглинков, реже гальки) [8].

Одними из характерных флюидогенных явлений, сопутствующих сильным землетрясениям, являются грифоны (в статьях для них часто используют названия «грязевые вулканчики», «вулканоиды») (рис. 1.).

Согласно справочнику [9] «грифон» – это мелкий вторичный эруптивный аппарат на грязевой сопке (сальзе, мелком грязевом вулкане), выделяю-



Рис. 1. Грифон высотой 2,5 м в кальдере грязевого вулкана Бахар в Республике Азербайджан (фото С.Г. Миронюка, 2022 г.)

щий грязь или воду, или газ, или все это одновременно в небольших количествах. Приурочены грифоны в основном к участкам распространения голоценовых водонасыщенных дисперсных осадков (глин, суглинков, песков) [10], способных разжижаться при динамических воздействиях, в частности при 6–7-балльных землетрясениях и более ($M \geq 5-6$). При этом образуются грифоны в виде, как правило, конических микроформ рельефа. Согласно трактовке авторов работы [11] «Грифоны – в общем случае это мелкие эруптивные аппараты выброса из недр на дно моря подземных флюидов (нефтей, газов, пластовых вод). Они являются одной из форм инъективных дислокаций, которые возникают в результате внедрения из глубоких частей земной коры в вышележащие ее горизонты пластичных горных масс в виде указанных флюидов, разжиженных глин, толщ каменной соли, магматических расплавов и т. п.».

На поверхности земли в пределах грязевулканических полей грифоны образуют непрерывный морфологический ряд от высоких конусообразных с крутыми склонами до низких котлообразных с пологими склонами. В зависимости от диаметра подводящего канала меняются и их поперечные размеры.

Здесь уместно сделать одно принципиально важное замечание. Кроме типичных грязевых вулканов (сложных флюидогеодинимических систем [12]) с глубокими корнями в различных регионах мира [13, 14] в плейстосейсто-вых областях сильных землетрясений

часто возникают приповерхностные так называемые сейсмовулканоиды, грязевые вулканчики, грязевулканические проявления, морфологически сходные с классическими грязевыми вулканами, но отличающиеся от них механизмами образования, размерами, масштабами, частотой излияний, продуктами извержений и пр. Как справедливо отмечает Панахи Б.М.-О. [14], такие образования являются следствием «выдавливания на поверхность земли грязи и песка с образованием песчаных фонтанов и характерных разливов водопесчаных смесей и др. в результате землетрясения преимущественно в областях с отсутствием грязевых вулканов». Так называемые сейсмовулканоиды не являются собственно грязевыми вулканами, но относятся наряду с последними к одной и той же аккумулятивной подгруппе флюидогенных структур [6].

При выполнении буровых работ могут возникнуть техногенные грифоны в случае неконтролируемого выброса флюидов (blowout) из пластов, когда пластовое давление значительно превышает гидростатическое давление бурового раствора, что может привести к разрушению оборудования, пожару, взрыву, загрязнению окружающей среды и гибели людей [15]. Неконтролируемые выбросы из скважин являются наиболее опасными источниками загрязнений морской среды [16]. Риск возникновения техногенных грифонов возникает также в случае, когда внутрискважинное давление превышает давление гидроразрыва горных пород [17].

В терминологическом словаре [18] дано следующее определение этого термина: грифоны – это «фонтанные газо-, нефте- и водопроявления вскрытых пластов, выходящие на поверхность за пределами устья скважины по трещинам, высокопроницаемым пластам или контакту цемент-порода». Под влиянием проходящего через осадочный чехол потока газа (газонасыщенных пластовых вод) в морях часто благодаря процессу псевдооживления образуются кратеры (техногенные покмарки), диаметр которых иногда достигает несколько десятков и даже сотен метров. Особую опасность они представляют для сооружений стационарного типа, опирающихся на дно. Образование больших кратеров вблизи опорных блоков, свайных оснований может привести к опрокидыванию и гибели платформ.

Краткое описание истории развития шкал интенсивности землетрясений ▶

Становление сейсмического районирования, как и инженерной сейсмологии, можно отнести к концу XIX – началу XX века. В России геологические основы этой области научных знаний заложили И.В. Мушкетов и А.Н. Орлов. Стал классическим их труд «Каталог землетрясений Российской империи» с подробным описанием последствий землетрясений и извержений вулканов, в том числе грязевых (Апшеронский и Таманский полуострова) [19].

В указанное время уже была разработана первая макросейсмическая шкала (10-балльная шкала Росси – Фореля), позволяющая оценивать интенсивность землетрясений. Позже в России один из основоположников отечественной сейсмологии академик Б.Б. Голицын разработал оригинальную макросейсмическую шкалу, в которой ускорение и сила землетрясения определялась по опрокидыванию стоявших параллелепипедов разных размеров. Он впервые обосновал задачу использования записей ускорений для расчета сейсмических нагрузок на сооружения и для разработки конструктивных решений, повышающие их сейсмостойкость. Б.Б. Голицын отмечал сильное влияние свойств подпочвенных грунтов на записи приборов и предположил возможность триггерных эффектов землетрясений [20].

В дореволюционной России в начале прошлого века было выполнено приближенное определение сейсмической опасности некоторых регионов [2]. Оценки силы землетрясений на земной

поверхности первоначально осуществлялась с использованием шкалы Росси – Фореля, а с 1933 года – 12-балльной международной шкалы MCS (шкалы МКЗ-17 – Меркалли, Канкани, Зиберга). Эту шкалу взяли за основу Г. Вуд и Ф. Ньюман (1931 г.) для разработки модернизированной шкалы Меркалли (ММ-31). Госпланом СССР в 1933 году в качестве общесоюзного стандарта был принят усовершенствованный вариант шкалы ММ-31 в соответствии с ОСТ ВКС-4537 «Единые нормы строительного проектирования. Шкала для определения силы землетрясения». В 1952 году в Геофизическом институте АН СССР С.В. Медведевым было закончено составление новой макросейсмической шкалы, первоначально получившей название ГЕОФИАН, а позже – «шкала Института физики Земли» («шкала ИФЗ АН СССР»). В качестве государственного стандарта (по ГОСТ 6249-52) наиболее важный для практики диапазон этой шкалы от 6 до 9 баллов был утвержден Госстроем СССР для обязательного применения. В 1964 году в результате проведения специальных исследований в области инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства была создана международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64, а «Шкала для определения силы землетрясения в пределах от 6 до 9 баллов» была отменена [21]. В 1973 году шкала MSK-64 была уточнена. В это же время В.П. Солоненко создал первую, по существу региональную, шкалу балльности по сейсмодислокациям для интервала событий от 8 до 12 баллов по шкале MSK-64 [22].

Позднее С.В. Медведев разработал шкалу MSK-78, а в 1986 году при участии Ф.Ф. Аптикаева была подготовлена модернизированная шкала MSK – MMSK-86. Впоследствии и она с учетом новых данных была усовершенствована и названа MMSK-92 [23]. Эта шкала легла в основу региональной шкалы сейсмической интенсивности (РШСИ) [24]. Зона действия этой региональной шкалы охватывает Прибайкалье и Забайкалье. Исходя из условий указанных регионов предусмотрено принимать во внимание четыре вида экзогенных процессов: карстовый, оползневый, просадочный и мерзлотный. В 1998 году шкала MSK-64 была заменена Европейской макросейсмической шкалой EMS-98, а EMS-98, в свою очередь, – Европейской шкалой интенсивности ESI-2007.

Наиболее полно вторичные опасности землетрясений на суше отражают

новая шкала интенсивности землетрясений ЕЕЕ (Earthquake Environmental Effects), разработанная А. Микетти, Р.Э. Татевосяном, Е.А. Рогожиным и др. [25] и упомянутые выше ГОСТ Р 57546-2017. «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности» и ГОСТ 34511-2018 «Макросейсмическая шкала интенсивности землетрясений». При обосновании проекта создания последнего из упомянутых выше документов его авторы отмечали, что макросейсмическая шкала необходима для:

- «назначения интенсивности произошедшего землетрясения;
- районирования территорий по сейсмической опасности;
- определения расчетной сейсмичности и назначения сейсмических нагрузок;
- разработки сценариев вероятных последствий землетрясений, задаваемых интенсивностью, и соответствующих оценок сейсмического риска» [26].

Объектом стандартизации вышеупомянутых ГОСТ Р 57546-2017 и ГОСТ 34511-2018, по замыслу их авторов, является сила землетрясения, измеряемая его интенсивностью по макросейсмическим данным, а базовыми аспектами стандартизации являются сенсоры. Наибольший интерес для нас в контексте данной статьи представляет категория-сенсор «Природные явления» и наблюдаемые в ней эффекты землетрясения. В частности, в приложении Д этого документа отмечается, что уже при 6-балльном землетрясении возможны разжижение грунтов и выброс водонасыщенных песков, а при 8-балльном – наблюдается выброс водонасыщенных песков с образованием грязевых и песчаных фонтанчиков (грифонов).

Согласно первой из упомянутых шкал так называемые вибрационные сейсмодислокации (грязевые сопки, грифоны, покровы разжиженного песка и грязи, кластические дайки) также характерны для эпицентральных зон сильных землетрясений (7–8 баллов и более). В частности, при 9-балльном землетрясении образуются песчаные грифоны до 3 м в диаметре, возникают просадки (осадки) величиной более 30 см. Эмпирически установлено, что первичные сейсмодислокации (например, поверхностное разрывообразование) возникают при землетрясениях с магнитудой $M_w=5$, а вторичные (например, оползни в рыхлых грунтах) – начиная с $M_w=4$ [27].

Реакция геофлюидных систем на сильные сейсмические воздействия ▶

С учетом цели настоящей статьи особый интерес представляет макросейсмическая составляющая шкал. Так, согласно шкале ММ-31 при разрушительном сейсмическом воздействии наблюдаются «выбросы в небольших количествах песка и глинистых масс». В случае опустошительного землетрясения отмечается разжижение грунтов. При более сильном землетрясении (уничтожающем) фиксируются оползни и обвалы на склонах. В приложении к этой шкале (в разделе II «Остаточные явления в грунтах, изменение режима грунтовых и наземных вод») даны следующие признаки землетрясений в зависимости от их силы в баллах (выборочно):

- 6 баллов: в горных районах – единичные случаи оползней и осыпания грунтов;
- 7 баллов: большое количество трещин в сырых грунтах; в горных районах – небольшие оползни и осыпание грунтов;
- 8 баллов: большие осыпания, оползни и горные обвалы;
- 9 баллов: горные обвалы, много оползней, небольшие грязевые извержения.

Рассмотрим несколько сейсмических событий, при которых происходило разжижение грунтов и образование флюидогенных форм. С.В. Медведев в своей работе [2] описывал грифоны, возникшие при 9-балльном землетрясении. Они представляли собой «весьма распластанные конусообразные наносы тонкозернистого песка с одним или несколькими кратерами. Диаметр кратера равен 10–15 см, диаметр конуса – 2–5 м, высота конуса – 20–50 см». При Олекминском землетрясении с магнитудой $M_s=6,5$, произошедшем 14.09.1958 в среднем течении реки Олекма на юге Якутии, на расстоянии 180 км от эпицентра в районе с горячими источниками образовался грифон высотой до 25 м (эта величина вызывает у автора настоящей статьи сомнения, поскольку согласно классификации грязевулканических проявлений [28] характерная высота грифонов составляет 1–3 м), что, как предполагают авторы книги [29], связано с гидрогеологическими особенностями района.

В монографии Е.А. Рогожина [30] приведено множество примеров возникновения сейсмодислокаций, причиной образования которых были землетрясения различной интенсивности:

- Ашхабадское землетрясение 1948 года ($M=7,3$): грязевые вулканы диаметром до 20 м и высотой 0,5 м (названные размеры вызывают у автора настоящей статьи сомнения, поскольку высота наземных грязевых вулканов, как правило, составляет 10–400 м, а диаметр – 100–3500 м [28]) с небольшими кратерами;

- Бурунское землетрясение 1984 года, эпицентр которого располагался в районе бывшего дна Каспийского моря ($M=6,0$): следы выбросов разжиженного песка, воронки, осадки грунта;

- Зайсанское землетрясение 1990 года ($M_{\text{ЛН}}=6,9-7,0$): грязевые и водно-песчаные выбросы из трещин и грязевых вулканов (последний термин вызывает у автора настоящей статьи сомнения);

- Газлийское землетрясение 1984 года ($M=7,2$): грифоны, структуры разжижения грунта.

Сейсмодислокации возникли при Чуйском землетрясении 27.09.2003 ($M=7,5$). Оно также сопровождалось возникновением трещин в рыхлом чехле долины реки Чуя, выбросами разжиженного песка и грязи в виде так называемых грязевых вулканчиков [31], а также по простиранию трещин – своеобразных воронок всасывания, образовавшихся после грязевых излияний из бугров пучения глубиной до 1–1,5 м и диаметром не более 1,5 м [32].

При Нефтегорском землетрясении 27.05.1995 ($M=7,5$) в местах излияния обводненных песчано-глинистых масс на земной поверхности образовались многочисленные кратерообразные провалы диаметром до 25–30 м и блюдцеобразные впадины [33]. Отмечалось, что вторичные проявления этого землетрясения (трещины, осадки грунтов и др.), в том числе и за пределами эпицентральной зоны, еще до конца не изучены [34].

Как показал анализ результатов макросейсмических обследований на территории юга Сибири и Монголии, во время землетрясений с $M_s=4,1-8,1$ наиболее часто проявляются склоновые процессы, сейсмопросадки, разрывообразование и разжижение грунтов [35].

При Бурунском землетрясении 1984 года в Туркменистане ($M=6$) в локальных понижениях микрорельефа происходил интенсивный выброс водопесчаных масс с крупным щебнем, возникали грязевые вулканы [36].

Большой интерес с точки зрения вторичных эффектов представляют результаты макросейсмического обследования последствий Олюторского землетрясе-

ния ($M_w=7,6$), произошедшего 20 (или 21) апреля 2006 года на Корякском нагорье. В плейстосейстовой зоне этого события наблюдались: разжижение грунта, сейсмогенные трещины, трещинные излияния воднопесчаной смеси, протяженные валы песчаного грунта, грифоны, грязевые фонтаны [37, 38]. Последние наблюдались и в береговой зоне. Расстояние от эпицентра, на котором максимально проявился процесс разжижения грунтов, составило 105 км. Разжижение грунтов сопровождалось фонтанированием и выбросом из трещин песка, мелкой гальки, щебня.

Следует подчеркнуть, что береговые зоны водоемов, характеризующиеся чрезвычайно контрастными инженерно-геологическими условиями, специфическим напряженно-деформированным состоянием, являются участками повышенной сейсмической опасности [39]. В такой обстановке при прохождении продольных и поперечных волн возникают дополнительные нормальные и касательные напряжения, изменяющиеся во времени. Наиболее значительны эти изменения «на контактах пород с различными деформационными свойствами, вблизи разрывных нарушений или поверхности склона...» [40]. Анализ последствий значительного количества землетрясений показал, что повреждения трубопроводов чаще всего возникают именно на участках, которые отличаются резкими изменениями природных условий [41, 42]. Например, в береговой зоне острова Сахалин после сильных землетрясений наблюдались следующие остаточные деформации: трещины шириной более 20 см и длиной до 100 м, выбросы разжиженного грунта с образованием грифонов, оползни и обвалы грунта [43]. С точки зрения возникновения сейсмогенных обвалов и других видов оползней особенно опасны береговые зоны с высокими крутыми клифами, широко развитыми, например, на Черноморском побережье Кавказа. Показано [44], что при сейсмическом воздействии интенсивностью 7 баллов на склон с наклоном поверхности 50° , сложенный выветрелыми трещиноватыми аргиллитами, вероятность развития оползневого процесса ($K_{\text{уст}} < 1$) составляет 100%.

В пределах аккумулятивных берегов в случае повышенной мощности песков (более 5 м) в сухопутной части береговой зоны возрастает опасность сейсмического разжижения. В таких условиях происходит полное разжижение даже крупнозернистых песков [45].

В береговых зонах морей и в долинах рек во время сильных землетрясений не раз наблюдались косейсмические поднятия и опускания отдельных участков местности. Например, во время новомадридских землетрясений 1811–1812 гг. ($M \approx 7,2-8,2$) вдоль долины реки Миссисипи отмечались обширные поднятия и погружения отдельных участков местами более чем на 6 м, а также разжижение и выбросы песка из трещин. Такое еще слабо изученное явление имело место и при Невельском землетрясении 02.08.2007 ($M=6,8$). Это сейсмическое событие вызвало поднятие дна в зоне протяженностью не менее 5,5 км и интенсивные выходы газа. Максимальная амплитуда поднятия составила около 1–1,5 м [46]. При Среднебайкальском землетрясении 29.08.1959 ($M=6,8$) дно Байкала в эпицентре опустилось на 10–15 м [47]. Признаки нескольких эпизодов косейсмических опусканий и поднятий были выявлены на южном побережье Камчатки. В частности, Камчатское землетрясение 1952 года ($M_w \approx 9,0$) сопровождалось опусканием берега примерно на 1–1,5 м. А при землетрясении, которое произошло там около 600 г. н. э., берег опустился на 1,5–2,0 м. Все обнаруженные опускания на побережьях сопровождались волнами цунами [48].

Требования по учету вторичных сейсмических опасностей при детальном сейсмическом районировании (ДСР) и сейсмическом микрорайонировании (СМР) ►

Помимо использования данных о вторичных эффектах землетрясений в эпицентральной области для экспертной оценки их максимальной силы стандартами по ДСР предписано учитывать эти эффекты для выделения зон возникновения очагов землетрясений (зон ВОЗ) и для выбора районов, пунктов размещения и площадок строительства зданий и сооружений.

Так, в документе 50-SG-S1 «Руководство по безопасности. Учет землетрясений и связанных с ними явлений при выборе площадок для атомных станций» (МАГАТЭ, 1981) указано, что при проектировании АЭС, определяя пригодность площадки для размещения объекта, необходимо изучить: сейсмогенные разрывы, карстовые явления, неустойчивость склонов, разжижение и просадки грунта.

В РСМ-73 «Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию» рекомендовано по завершению СМР под-

готовить геоморфологическую карту с выделением участков развития процессов, «активизирующихся в результате сейсмических воздействий, – участков повышенной просадочности, активного карста, заболоченных участков, обвалов, осypей, оползней, территорий, расположенных над активными тектоническими нарушениями и др.».

В «Рекомендациях по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях для строительства» (М., ПНИИИС. 1985), предлагается особое внимание при СМР уделять изучению динамически неустойчивым грунтам (лессам, илам, водонасыщенным пескам и т. д.), а также склоновым процессам (обвалам, оползням, оседанию поверхности и провалам над карстовыми пустотами, подземными выработками).

Исследования вторичных природных явлений и воздействий при ДСР и СМР в настоящее время предписаны целым рядом сводов правил, подготовленных в основном специалистами Института физики Земли имени О.Ю. Шмидта, АО «ВНИИГ имени Б.Е. Веденеева», ООО «ПОЙСК» и др.

В СП 269.1325800.2016 «Транспортные сооружения в сейсмических районах. Правила уточнения исходной сейсмичности и сейсмического микрорайонирования» (п. 4.11) указано, что материалы работ по оценке опасности землетрясений должны содержать информацию о «возможных сейсморазрывах, обвалах, оползнях, селях, лавинах, водно-песчаных потоках, разжижении грунта и других явлениях, обусловленных подземными толчками расчетной силы». В данном документе приведено определение термина «водно-песчаные потоки»: это «потоки донных отложений, образующиеся на подводных склонах при землетрясении. Могут возникать также на береговых склонах рек, озер, водохранилищ, сложенных слабыми водонасыщенными песками».

В СП 286.1325800.2016 «Свод правил. Объекты строительные повышенной ответственности. Правила детального сейсмического районирования» отмечается: «К опасным явлениям относятся: собственно сейсмические сотрясения; вторичные эффекты (порожденные землетрясением гравитационные и вибрационные трещины, оползни, обвалы, осypи, каменные лавины, выбросы разжиженных грунтов и проседания земной поверхности)». Кроме того, к опасным явлениям отнесены возникающие при сильных землетрясениях

косейсмические площадные опускания и поднятия обширных участков земной поверхности.

На необходимость учета первичных и вторичных палеосейсмодислокаций (сейсмогенных оползней, обвалов, осypей, каменных лавин, выбросов разжиженных грунтов и проседаний земной поверхности) при ДСР и СМР для целей территориального планирования имеются указания в СП 408.1325800.2018 «Детальное сейсмическое районирование и сейсмомикрорайонирование для территориального планирования» (2019 г.).

В СП 369.1325800.2017 «Платформы морские стационарные. Правила проектирования» (п. 7.6.3) имеется важное требование относительно составления сеймотектонической модели сейсмического района расположения морских платформ. Эта модель должна включать в себя карту и характеристики основных зон ВОЗ, а также сведения о наличии или отсутствии активных разломов, о возможности склоновых смещений большого объема и об их параметрах. Аналогичное требование содержится в СП 504.1325800.2021 «Инженерные изыскания для строительства на континентальном шельфе. Общие требования» (п. 6.1.19.3): «Для площадок (трасс) размещения сооружений должны быть приведены сведения о наличии или отсутствии на площадке (трассе) активных разломов, подвижки по которым могут непосредственно затронуть сооружение, а также о возможности образования сейсмогенных подводных оползней и мутьевых потоков, угрожающих сооружениям».

Пожалуй, наиболее полный на сегодня список сейсмогенных природных процессов содержится в нормативно-методических документах, разработанных для проектирования и строительства атомных электростанций. Среди них:

- НП-064-05 «Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии» (Ростехнадзор, М., 2005. 23 с.);
- РБ-019-01 «Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Оценка сейсмической опасности участков размещения ядерно- и радиационно-опасных объектов на основании геодинамических данных» (утв. постановлением Госатомнадзора России № 16 от 28.12.2001);
- РБ-019-18 «Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Оценка исходной сейсмично-

сти района и площадки размещения объекта использования атомной энергии при инженерных изысканиях и исследованиях» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 90 от 02.03.2018).

В этих документах кроме широко распространенных учитывается ряд природных процессов с очень малой вероятностью (частотой) проявлений. И это вполне объяснимо, поскольку согласно рекомендациям Международного агентства по атомной энергии (IAEA Safety Standards Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. Specific Safety Guide № SSG-9. IAEA, 2010) при вероятностном анализе безопасности АЭС может потребоваться учет очень редких сейсмических событий [49]. К числу таких событий можно отнести также возникновение вторичных сейсмических опасностей в форме следующего каскада процессов и явлений: сильное землетрясение → крупный оползень (обвал, каменная лавина) → завальное озеро → прорывной паводок → сель (рис. 2.). Именно по такому сценарию развивались природные процессы в долинах рек Баксан, Сулак и др. [30].

Среди подобных процессов и явлений наибольшую опасность представляют те, которые имеют синергетический эффект (примеры таких сценариев приведены в работах [43, 50]). И хотя вероятность таких процессов и явлений мала, их необходимо учитывать при размещении зданий и сооружений повышенной уровня ответственности.

Требования по учету вторичных процессов и явлений при оценке сейсмической опасности дна акваторий ▶

Проблема оценки сейсмической опасности морского дна возникла в связи с разработкой проектов освоения месторождений углеводородов в Каспийском, Охотском, Печорском, Баренцевом, Карском, Охотском морях и со строительством подводных трубопроводов, например «Голубого потока». Технико-экономическое обоснование (ТЭО) строительства указанного трубопровода было выполнено на основе норвежских «Правил для морских трубопроводных систем» (DNV 1981 и DNV 1996 “Rules for Submarine Pipeline System”, Det Norske Veritas, 1996). В указанных и принятых позже документах (DNV-OS-F101 “Offshore standard. Submarine pipeline systems”, Det Norske Veritas, January 2000; СТО Газ-



Рис. 2. Завальное озеро в 60 км к северо-востоку от Катманду (Непал). Образовалось 2 августа 2015 года в результате перекрытия долины реки Санкоши грандиозным оползнем объемом около 50 млн м³ (фото С.Г. Миронюка, 2016 г.)

пром 2-3.7-050-2006 «Морской стандарт DNV-OS-F101. Подводные трубопроводные системы», 2006 г.) предписано рассмотреть опасность землетрясений в районе строительства и «вероятность сдвигов грунта или разжижения в результате повторного действия нагрузок».

Наиболее общим отечественным документом, где обозначается требование выполнения в составе инженерных изысканий СМР, является СП 47.13330.2016 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП 11-7-81*». В этом документе имеется указание на необходимость учета при СМР грунтов, склонных к разжижению при сейсмических воздействиях (грунтов IV категории по сейсмическим свойствам по таблице 4.1 данного СП). Площадки строительства, сложенные динамически неустойчивыми грунтами, а также с оползнями, обвалами, карстовыми проявлениями и т. д. являются согласно рассматриваемому своду правил неблагоприятными в сейсмическом отношении. В данном СП есть также указание на необходимость учета возможности «сейсмогенных подвижек по разломам и проявления вторичных эффектов, связанных с сейсмичностью, таких как активизация оползневых процессов и разжижение грунтов» (п. 6.3.3.14).

В СП 504.1325800.2021 «Инженерные изыскания для строительства на континентальном шельфе. Общие тре-

бования» в качестве подлежащих изучению сейсмогенных событий упомянуты смещения по активным разломам, подводные оползни, мутьевые потоки. В этом своде правил содержится указание о необходимости характеристики развития грязевулканических процессов и явлений, динамической устойчивости грунтов.

Более конкретные указания на необходимость учета при оценке сейсмической опасности опосредованных последствий землетрясений содержатся также в ГОСТ Р 57123-2016 (ИСО 19901-2:2004) «Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Проектирование с учетом сейсмических условий» (2019 г.) и в СП 504.1325800.2021 «Инженерные изыскания для строительства на континентальном шельфе. Общие требования». В указанном ГОСТ к таким последствиям отнесены: разжижение грунта, оползни, смещения вдоль разломов, цунами, грязевые вулканы. В отношении последних там сказано: «В местах ранее существовавших разломов могут быть грязевые вулканы. Данные геологические объекты не являются прямым следствием землетрясений, скорее они используют зону разлома для выноса газа, воды и грязи на поверхность морского дна, таким образом создавая вулканоподобный рельеф. Лучший способ предупреждения подобных опасностей – располагать мор-

ские сооружения вне указанных зон». Здесь следует отметить, что вынос флюидов может осуществляться как по уже существующим разрывным нарушениям (зонам повышенной трещиноватости), так и по разрывным смещениям, возникающим в результате движения диапировых структур или в результате флюидо-разрыва. Последний механизм особенно характерен для закрытых флюидодинамических систем компрессионного типа. Такая система характеризуется, как правило, аномально высоким пластовым давлением флюидов.

Что касается размещения морских сооружений вне грязевулканических областей, порой это требование, особенно в отношении линейных сооружений, трудновыполнимо. Грязевые вулканы, как правило, группируются в грязевулканические провинции, поля разной площади. Обходить районы сосредоточения грязевых вулканов значительных размеров экономически нецелесообразно. Более того, грязевые вулканы, как известно, являются индикаторами нефтегазоносности недр [51]. Например, свыше 70% всех месторождений нефти и газа в Южно-Каспийском нефтегазоносном бассейне, в том числе все гигантские из них, пространственно совпадают с грязевулканическими полями. В этой связи точки бурения поисково-разведочных скважин нередко закладываются вблизи грязевых вулканов. Однако бурение на таких площадках и последующая разработка месторождений должны учитывать высокую флюидогеодинимическую неустойчивость недр грязевулканических областей. В этом случае в связи с риском аварии в процессе бурения возникает задача оценки размеров опасной зоны вокруг грязевулканического аппарата.

Подходы к оценке радиуса потенциально опасных воздействий флюидогенных процессов и явлений ▶

Анализ литературных источников, а также результаты инженерно-геологических изысканий для строительства морских сооружений в Черном и Каспийском морях показали, что трещины, газовые факелы могут образовываться на расстоянии до 4 км от жерла вулкана, а длина потоков сопочной (грязевулканической) брекчии при взрывных извержениях составляет 1–4 км при ширине от нескольких сотен метров до 1,5 км [12].

Оценить безопасное расстояние от грязевого вулкана в случае планов раз-

мещения вблизи него стационарных буровых платформ, трубопроводов, подводных добычных комплексов и т. д. можно только выполнив специальные исследования с последующими расчетами. В зависимости от морфологических особенностей, степени активности грязевых вулканов, длины потоков грязевулканической брекчии и др., а также уровня ответственности сооружений это расстояние может составлять 0,5–1,5 км. Например, Локбатанское месторождение было открыто при бурении скважины, которая была заложена на расстоянии 1,5 км от кратера активного Локбатанского грязевого вулкана. В турецком секторе Черного моря точка бурения поисково-разведочной скважины «Лиманкой-2» была заложена на расстоянии приблизительно 1,1 км от ближайших грязевых сопок (рис. 3).

Области развития грязевого вулканизма характеризуются также повышенной сейсмической опасностью [52]. В случае возникновения землетрясения возможна активизация грязевулканической деятельности [53]. Анализ связи грязевулканических явлений с сейсмичностью был детально изучен Б.М. Панахи [14]. Им было установлено: в областях развития грязевых вулканов извержения могут сопровождать только те из удаленных сейсмических событий, магнитуда которых M превышает 6,5; грязевулканические проявления сопровождают преимущественно сильные местные землетрясения с магнитудой $M > 5,4$ и интенсивностью $I > 7-8$ баллов; в свою очередь, значительная часть пароксизмальных извержений грязевых вулканов сопровождается грязевулканическими землетрясениями (с максимальной интенсивностью не выше 6 баллов по шкале MSK-64) и видимыми на поверхности крупными разрывными нарушениями.

В то же время есть и другие, пока слабо изученные, факторы, влияющие на динамику извержений грязевых вулканов. Так, на примере изучения грязевых вулканов Азербайджана показано [54], что нередко после землетрясений извергается только часть из них.

В ряде работ отмечается высокая чувствительность флюидодинамических систем к сеймотектоническим процессам, в частности к землетрясениям [11, 34, 55–57]. В работе С.М. Астахова [58] приведены примеры влияния интенсивности землетрясений на увеличение дебитов скважин. Установлено, что даже слабые землетрясения вызывают заметное усиление вертикальной миграции флюидов в приповерхностных отложе-

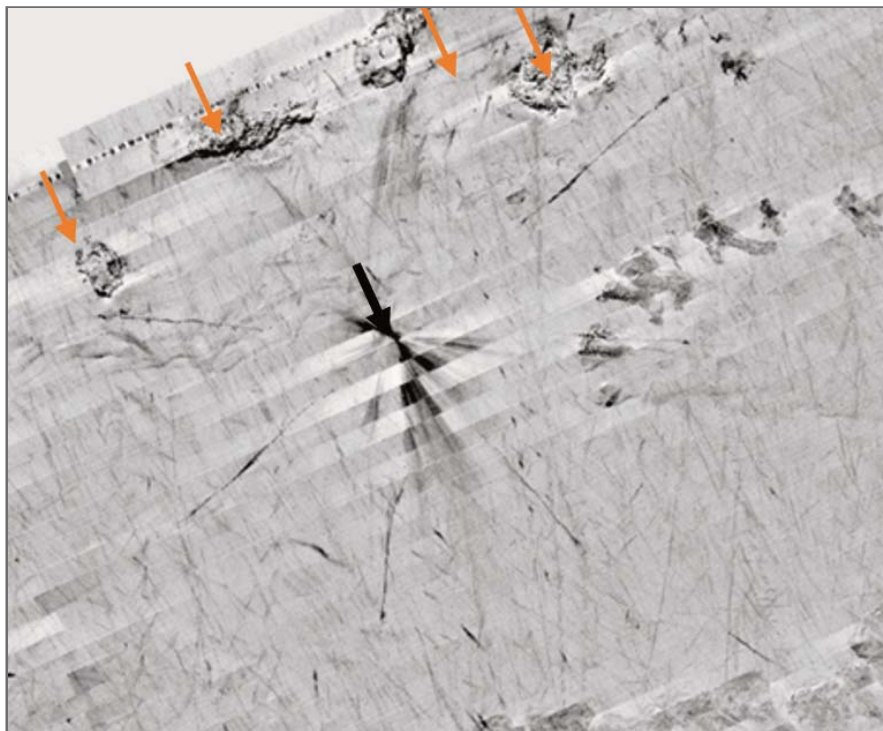


Рис 3. Точка бурения поисково-разведочной скважины «Лиманкой-2» в глубоководной зоне турецкого сектора Черного моря (отмечена черной стрелкой). Красные стрелки указывают на грязевые сопки

ниях. Отмечается, что в периоды сеймотектонической активизации блоков земной коры происходит увеличение проницаемости пород после землетрясений с различной магнитудой вследствие развития приповерхностной области трещинной дилатансии, которая по своим латеральным линейным размерам может значительно превышать область очага землетрясения.

На острове Сахалин впервые инструментально установлен аналогичный эффект. После землетрясений происходило: увеличение дебита свободных газов (в основном метана) в 3–5 раз, изменение температуры водогрязевой смеси и химического состава свободных газов в грифонах юга Сахалина [59]. Аналогичные явления были зафиксированы в Японском море [60].

Согласно работе [61] отклик флюидодинамических систем на землетрясения обусловлен действием двух факторов – квазистатическими изменениями напряженного состояния среды, вызванными сейсморазрывом, и динамическими изменениями напряжения, вызванными прохождением сейсмических волн. При этом первый фактор эффективно действует только в ближней зоне землетрясения – на расстояниях, сопоставимых с размером очага. В работе [62] приведена эмпирическая формула $\lg R_{\max} = (0,45M - 0,95)$, позволяющая в зависимости от магнитуды землетрясе-

ния M оценить максимальное эпицентральное расстояние R_{\max} (км) для различных возможных флюидодинамических проявлений этого землетрясения – извержений грязевых и магматических вулканов, разжижений грунта, изменений температурного режима термальных источников и др. Похожая формула (с небольшими отличиями в числовых коэффициентах) приводится в работе [63]: $\lg R_{\max} = (0,44M - 0,79)$.

Существуют и иные функциональные взаимосвязи между M и R_{\max} . Для эффекта разжижения получена следующая эмпирическая формула: $\lg R_{\max} = (2,05(\pm 0,10) + 0,45M)$ [64].

Важные результаты, в том числе для целей ДСР и СМР, в ходе исследований косейсмических деформаций в пределах юга Сибири были получены А.В. Андреевым и Луниной [65]. В работе [65] описаны региональные зависимости между параметрами землетрясений и пространственным распределением вызванных ими вторичных эффектов, в том числе разжижения грунтов.

Опыт оценки сейсмической опасности и макросейсмических обследований дна акваторий ►

На сегодняшний день накоплен определенный опыт ДСР отдельных частей акваторий и СМР трасс и площадок морских нефтегазовых сооружений

(МНГС), однако в целом изученность сейсмической опасности дна акваторий, в том числе вторичной сейсмической опасности, недостаточна [66]. Из публикаций, посвященных оценке сейсмической опасности, в том числе полностью или частично для акваторий, следует упомянуть работы [67–77], а также публикации, посвященные оценке вторичных эффектов в морях [12, 78–84].

Оценка сейсмической опасности шельфовых зон и тем более глубоководных зон морских бассейнов представляет более сложную задачу по сравнению с оценкой сейсмической опасности на суше в связи трудоемкостью и дороговизной проведения сеймотектонических и инструментальных исследований в акваториях. Проблемы и трудности оценки сейсмической опасности морских акваторий детально изложены в работах [85–87].

Основные проблемы, возникающие при оценке сейсмической опасности шельфовых зон, обусловлены труднодоступностью подводных участков для проведения крупномасштабных инженерно-геологических изысканий и геофизических исследований, а также сейсмологической регистрации землетрясений. В морских условиях ограничено применение метода сейсмических жесткостей в связи со значительными техническими сложностями определения скоростей поперечных волн в донных осадках. Проведение сейсмологических исследований в арктических и дальневосточных морях затруднено длительным периодом ледостава. Еще одна особенность сейсмологических наблюдений в морской среде – высокий фон штормовых помех. Весьма актуальна и сложна проблема изучения разрывных нарушений, скрытых под водной толщей и донными осадками, и не только сейсмогенерирующих нарушений, но и нетектонических (флюидогенных, оползневых, гляциотектонических и др.), проявляющихся как неоднородности в строении верхней части осадочного чехла и способных влиять на сейсмическое волновое поле. Слабо изучен вопрос оценки опасности флюидогенных неблагоприятных явлений, которые могут инициироваться землетрясениями, – прорывов из скоплений газов (газовых карманов, микрозалежей и др.) и грязевого вулканизма.

Ситуация усугубляется отсутствием до настоящего времени рекомендаций, регламентирующих порядок и правила выполнения СМР дна акваторий. Между тем имеются специфические задачи мор-

ской инженерной сейсмологии и морской инженерной геологии, обозначенные почти два десятилетия назад Институтом океанологии имени П.П. Ширшова РАН (частично решенные, но не потерявшие своей актуальности):

1) определение влияния давления водной толщи на интенсивность сотрясений дна;

2) оценка интенсивности гидравлического удара при различной интенсивности сотрясений дна (такой удар возможен при интенсивности сотрясений 8 баллов и выше);

3) оценка реакций слабokonсолидированных водонасыщенных песчано-глинистых грунтов, широко распространенных на дне морей, на сейсмические воздействия, оценка возможности их разжижения, а также определение условий возникновения подводных гравитационных потоков, грифонообразования и оползнеобразования (есть основания предполагать, что вследствие низких прочностных свойств современных донных грунтов, залегающих в верхней части геологического разреза, их оползание возможно и при слабых землетрясениях – менее 5 баллов [88]);

4) оценка опасности возникновения волн цунами при сильных подводных землетрясениях (или по причине других цунамигенных триггеров) и оценка максимальной высоты наката цунами на берег (в настоящее время при разработке проектов территориального планирования цунамиопасных районов, при оценке последствий вероятных цунами и при анализе цунами-риска следует применять СП 292.1325800.2017 «Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования»).

Учитывая все более активное освоение месторождений углеводородов на шельфе, представляется актуальной также задача создания макросейсмической шкалы интенсивности подводных землетрясений. Возможно, на первом этапе надо решить данную проблему для наиболее хорошо изученных морей, то есть создать региональные или субрегиональные сейсмические шкалы (например, для Средиземноморско-Черноморского региона). Этот вопрос возник в связи с давно установленными фактами более масштабных сейсмогенных деформаций в морях по сравнению с сушей при одной и той же силе землетрясений.

Еще в начале 1970-х годов В.П. Солоненко обратил внимание на гипертрофические размеры сейсмодислокаций на дне морей и крупных озер. На примере землетрясений Канто 01.09.1923

(Япония, $M=8,3$) и Среднебайкальского 29.08.1959 ($M=6,75$) он показал, что амплитуды косейсмических опусканий и поднятий дна морей (озер) превосходят, порой значительно, величины смещений на прилегающей суше. При Аляскинском землетрясении 1964 года ($M=8,6$) области поднятий и опусканий, разделенные фрагментарно вышедшим на поверхность разрывом, охватили площадь около 300 тыс. км². При этом на суше вертикальные смещения составили от 4 до 10 м, а на дне моря – до 15 м.

Большой интерес для рассматриваемого вопроса представляют результаты исследований сейсмогравитационных деформаций в районе мыса Большой Утриш [89]. Здесь в результате сильного землетрясения на Анапском выступе ($M_w \approx 6,9$), случившегося, по последним данным, в XII–XIII веках [90], произошли скальные оползни отрыва-скольжения, которые смешались от своего источника на расстояния до 3,5 км (вместо 50–100 м, как отметил В.П. Солоненко [47], возможных при обычном гравитационном обвале), из них – до 2 км в море. Нашими исследованиями [91] было показано, что кроме скальных оползней на шельфе присутствуют оползни разжижения, часто возникающие при сильных землетрясениях с $M \geq 5-6$. Типичный пример такого оползня разжижения шельфа приведен на рисунке 4. Возможно, скальные оползни и оползни разжижения являются синхронными образованиями.

Оползневые процессы, спровоцированные землетрясениями, происходят и в настоящее время. Косвенным свидетельством сейсмогенного обвала (или, возможно, другого типа оползня), произошедшего в период проведения инженерно-геологических изысканий на континентальном склоне Анапского выступа, является возникшее и долго не оседавшее облако взвеси, зафиксированное подводной видеосъемкой сразу же после Су-Псехского землетрясения 10.12.2012, произошедшего в Анапском сейсмоактивном районе ($M_w=4,3$; $I=5-6$ баллов) [92] (рис. 5).

Детальная площадная съемка с использованием телеуправляемых необитаемых и обитаемых подводных аппаратов в практике подводных сейсмологических исследований в настоящее время не являются распространенным методом. Тем не менее имеются примеры таких исследований, в том числе в Японском море [93]. Во время погружений глубоководного пилотируемого аппарата Shinkai 6500 в эпицентральной-

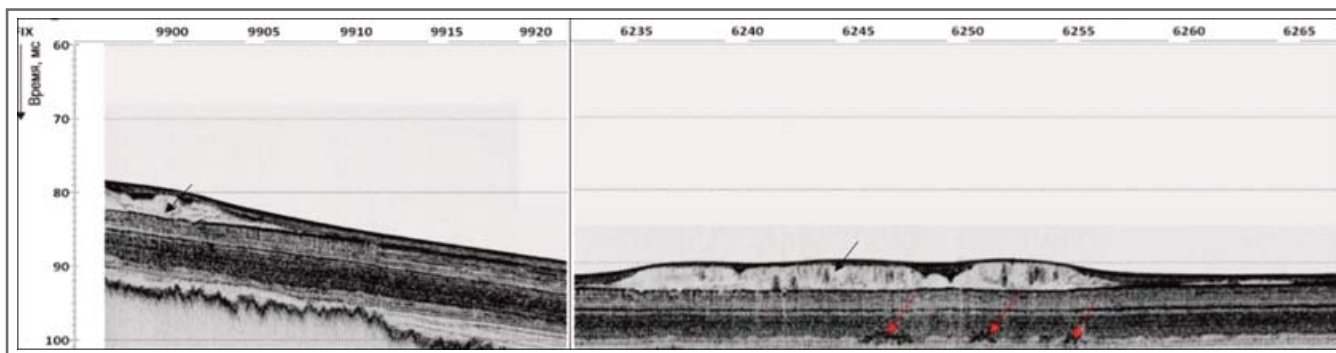


Рис. 4. Акустически прозрачное тело (на которое указывают черные стрелки вверх) на траверзе мыса Большой Утриш. Слева – фрагмент продольного профиля; справа – поперечный профиль. Красные стрелки внизу указывают на газонасыщенные отложения

ной зоне современных землетрясений японские исследователи наблюдали многочисленные трещины, следы обвалов, гидротермы. Такие проявления, как излияния флюидов и выходы газов, обусловленные сильным Измитским землетрясением 1999 года ($M=7,6$), наблюдались в Мраморном море [93]. После землетрясения в Кобе (Япония) 1995 года ($M=6,9$) на морском дне были обнаружены отложения, образовавшиеся в результате подводного песчаного выброса [94].

Интересно отметить, что обширные участки развития песчаных отложений среди поля илов были обнаружены в районе интенсивных газовыделений на шельфе моря Лаптевых, который, как известно, отличается повышенной сейсмичностью [95]. Кроме того, здесь в пределах очага разгрузки флюида наблюдалось увеличение содержания взвеси у дна по сравнению с прилегающими участками.

Не менее эффективным методом для обследования плейстоценовых областей является многолучевое эхолотирование. С использованием этого метода были обнаружены покмарки в пределах ряда аванделъты рек после землетрясения 2001 года с $M=6,8$ в южной части Пьюджет-Саунда (западное побережье США) [34].

Морская съемка с использованием сейсморазведки высокого разрешения и гидролокации бокового обзора в районе аванделъты реки Кламат после землетрясения 1980 года с $M=7$ в северной части штата Калифорния показали, что это событие вызвало косейсмическое опускание большого участка дна (площадь 20 км²), разжижение осадков, об-

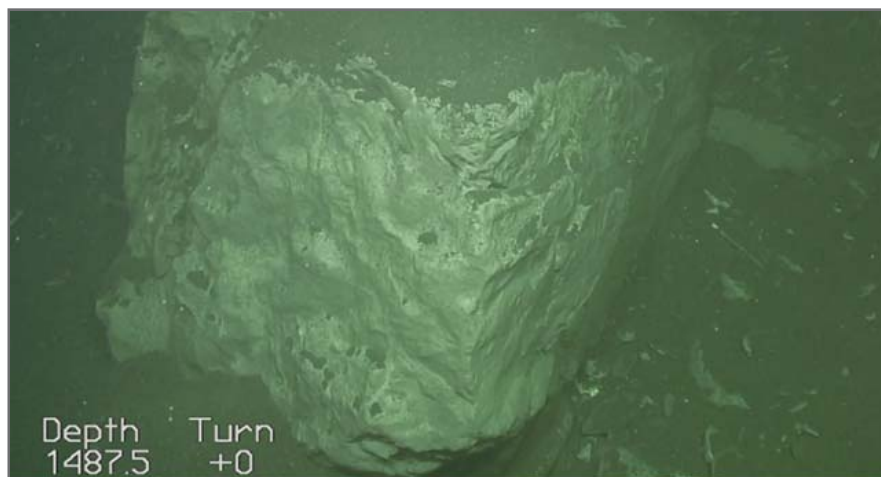


Рис. 5. Следы свежего обвала флишевых пород на континентальном склоне Анапского выступа спустя сутки после Су-Псехского землетрясения 10.12.2012

разование трещин, покмарков, появление газовых сипов в толще воды [96].

Заключение

Подводя итоги краткому обзору проблемы учета вторичных процессов и явлений, обусловленных сейсмическими событиями (вторичной сейсмической опасности) в шкалах интенсивности землетрясений и в нормативно-методической литературе, необходимо отметить следующее.

В документах, регламентирующих порядок проведения ДСР и СМР в сейсмических районах, имеются четкие указания на необходимость изучения и прогноза вторичной сейсмической опасности.

Вторичные опасности землетрясений на суше всесторонне отражены в ГОСТ Р 57546-2017 «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности» и ГОСТ 34511-2018 «Макросейсмическая шкала интенсивности землетрясений».

При проектировании зданий и сооружений в сейсмических районах, как правило, учитываются возможные сейсмогенные смещения по активным разломам, разжижение грунтов, склоновые процессы, цунами. Острой является проблема учета в проектах косейсмических поднятий и опусканий побережий и морского дна.

В проектах строительства морских сооружений недостаточно принимают во внимание последствия опасных воздействий флюидогенных процессов, в том числе грязевулканических эксплозивных извержений, землетрясений, сейсмодифлюидизации недр.

Учитывая специфику макросейсмических проявлений землетрясений с эпицентрами в пределах акваторий, представляется целесообразным, в том числе для оценки их цунамигенности, создание субрегиональной шкалы интенсивности подводных землетрясений. **И**

Список литературы ▶

1. Вознесенский Е.А., Коваленко В.Г., Кушнарера Е.С., Фуникова В.В. Разжижение грунтов при циклических нагрузках. М.: Изд-во МГУ, 2005. 134 с.
2. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. М.: Госстройиздат, 1962. 284 с.

3. Шахраманьян М.А. Оценка сейсмического риска и прогноз последствий землетрясений в задачах спасения населения (теория и практика). М.: Изд-во ВНИИ ГОЧС, 2000. 192 с.
4. Кофф Г.Л., Рюмина Е.В. Сейсмический риск (виды, оценка, управление). М.: Полтекс, 2005. 108 с.
5. Никитин С.Н., Погребченко В.В., Никитина И.А. Первичные и вторичные сейсмогенные явления // Материалы докладов Общероссийской научно-практической конференции «Изучение опасных природных процессов и явлений при инженерных изысканиях». М.: ООО «Геомаркетинг», 2019. С. 92–98.
6. Миронюк С.Г. Флюидогенные образования: обоснование выделения новой генетической группы рельефа морского дна // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Рельеф и природопользование» (8-е Щукинские чтения), Москва, 28 сентября – 1 октября 2020 г. М.: Изд-во Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, 2020. С. 37–43.
7. Максимович Г.А. О грязевых вулканах, образующихся при землетрясениях // Известия АН СССР. Серия: Геология. 1953. № 5. С. 146–147.
8. Кузнецов В.В. Сильные движения в эпицентре Чуйского землетрясения как результат выхода ударной волны на поверхность земли // Материалы научно-практической конференции «Алтайское (Чуйское) землетрясение: прогнозы, характеристики, последствия». Горно-Алтайск: Изд-во Горно-Алтайского государственного университета, 2004. URL: https://e-lib.gasu.ru/konf/zemletr04/R_6.html.
9. Формы геологических тел: терминологический справочник. М.: Недра, 1977. 246 с.
10. Youd L.T. et al. Liquefaction potential map of San Fernando, California, in seismic zonation in the San Francisco Bay Region. USGS Circular № 807. 1979. 20 p.
11. Голубов Б.Н., Иванов А.Ю. Активизация выбросов нефти из недр Северного и Среднего Каспия в апреле – июне 2012 г. по спутниковым и геолого-геофизическим данным // Исследования Земли из космоса. 2014. № 2. С. 67–81.
12. Миронюк С.Г. Грязевые вулканы Азово-Черноморского бассейна и прилегающей территории и оценка их опасности для зданий и сооружений // Геориск. 2010. № 3. С. 20–28.
13. Алиев А.А., Гулиев И.С., Дадашев Ф.Г., Рахманов Р.Р. Атлас грязевых вулканов мира. Баку: NaftaPress, 2015. 323 с.
14. Панахи Б.М.-О. Сейсмичность областей развития грязевых вулканов (Азербайджан и регион Каспия): автореф. дис... док. геол.-минер. наук. М., 1998. 281 с.
15. Караев Р.Н. Оценка аварийности морских нефтегазовых сооружений. Часть 1 // Морской вестник. 2016. № 3. С. 85–90.
16. Журавель В.И., Журавель И.В., Мансуров М.Н. Практические вопросы учета аварийности морских скважин // Вестник газовой науки. 2015. № 2. С. 133–141.
17. Миронюк С.Г., Винда А.А., Ионов В.Ю., Науменко Д.А., Чичеров А.Л. Опыт применения наклонно-направленного бурения при пересечении береговой зоны (на примере строительства газопровода на шельфе северо-восточной части Черного моря) // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2011. № 3. С. 35–42.
18. Нефть, газ, оборудование: терминологический словарь. М.: Недра-Бизнесцентр, 2004. 311 с.
19. Мушкетов И., Орлов А. Каталог землетрясений Российской империи. Санкт-Петербург: Типография Императорской академии наук, 1893. 582 с.
20. Пономарев А.В., Сидорин А.Я. Основоположник современной сейсмологии Борис Борисович Голицын (1862–1916 гг.): к 150-летию со дня рождения // Вестник ОНЗ РАН. 2012. Т. 4. № 6001. doi:10.2205/2012NZ000114.
21. Медведев С.В. Международная шкала сейсмической интенсивности // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. С. 151–162.
22. Солоненко В.П. Шкала балльности по сейсмодислокациям // Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. М.: Наука, 1975. С. 121–131.
23. Шебалин Н.В., Аптикаев Ф.Ф. Развитие шкал типа MSK // Вычислительная сейсмология. 2003. Вып. 34. С. 210–253.
24. Шерман С.И., Бержинский Ю.А., Демьянович Н.И., Павленко В.А. Региональная шкала сейсмической интенсивности для Прибайкалья // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский, 1999. С. 135–137.
25. Tatevossian R.N., Rogozhin E.A., Arefiev S.S., Ovsyuchenko A.N. Earthquake intensity assessment based on environmental effects: principles and case studies // Geological Society London Special Publications. Vol. 316. № 1. P. 73–91. URL: <https://doi.org/10.1144/SP316.5>.
26. Клячко М.А., Шестоперов Г.С., Стром А.Л. Межгосударственный стандарт «Шкала макросейсмическая» // Материалы 8-й Международной научно-практической конференции «Проблемы снижения природных опасностей и рисков (Геориск-2012)». М.: Изд-во РУДН, 2012. Т. 2. С. 98–103.
27. Палеосейсмология (пер. с англ.). М.: Научный мир, 2011. Т. 1. 560 с.
28. Якубов А.А., Алиев А.А. Грязевые вулканы. М.: Знание, 1978. 56 с.
29. Солоненко В.П., Тресков А.А., Курушин Р.А. и др. Живая тектоника, вулканы и сейсмичность Станового нагорья. М.: Наука, 1966. 231 с.
30. Рогожин Е.А. Очерки регионально сеймотектоники. М.: Изд-во ИФЗ РАН, 2012. 340 с.

31. Константинова Т.Г. Разжижение грунтов и разрушения при сильных землетрясениях // Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска», Южно-Сахалинск, 26–30 мая 2015 г. / под ред. Б.В. Левина, О.Н. Лихачевой. Владивосток: Дальнаука, 2015. Т. 1. С. 103–108.
32. Имаев В.С. Архитектура сейсмоопасных зон Алтая. Барнаул: Изд-во Алтайского гос. ун-та, 2007. 232 с.
33. Стрельцов М.И. Нефтегорское землетрясение 27 (28) мая 1995 года на Сахалине. М.: Янус-К, 2005. 177 с.
34. Hovland M., Gardner J.V., Judd A.G. The significance of pockmarks to understanding fluid flow processes and geohazards // *Geofluids*. 2002. Vol. 2. № 2. P. 127–136. doi.org/10.1046/j.1468-8123.2002.00028.x.
35. Лунина О.В., Андреев А.В., Гладков А.А. Закономерности проявления и модели локализации опасных геологических процессов при сейсмогенной активизации разломов на юге Сибири и в Монголии // *Геология и геофизика*. 2014. № 8. С. 1294–1313.
36. Борисов Б.А. О неприемлемой тенденции к завышению магнитуд исторических землетрясений на примере Красноводского землетрясения // *Вопросы инженерной сейсмологии*. М.: Наука, 1992. Вып. 33. С. 28–39.
37. Левина В.И. и др. Олюторское землетрясение 20 апреля 2006 г. с $M_w=7.6$, $I_0=9-10$ (Коряжское нагорье) // *Землетрясения Северной Евразии*, 2006 год. Обнинск, 2012. С. 214–239.
38. Тараканов А.И., Пестриков Ю.А., Марычева А.В. Гидродинамические выбросы грунта при землетрясениях. На примере Камчатки // *ГеоИнфо*. 15.05.2019. URL: <https://geoinfo.ru/product/tarakanov-aleksandr-ivanovich/gidrodinamicheskie-vybrosy-grunta-pri-zemletryasenyah-na-primere-kamchatki-40737.shtml>
39. Миронюк С.Г. Береговые примыкания морских газопроводов: выбор технологии строительства с учетом оценки геологических опасностей // *Газотранспортные системы: настоящее и будущее*. М.: Изд-во Газпром ВНИИГАЗ, 2015. С. 31.
40. Калинин Э.В., Панастьян Л.Л., Широков В.Н., Артамонова Н.Б., Фоменко И.К. Моделирование полей напряжений в инженерно-геологических массивах. М.: Изд-во МГУ, 2003. 262 с.
41. Вальдман Н.А., Грудницкий Г.В., Егоров С.И. Некоторые вопросы повышения надежности морских подводных трубопроводов // *Труды Крыловского государственного научного центра*. 2012. № 66. С. 69–74.
42. Грудницкий Г.В., Мурадов К.В., Уланов Е.Ф. Заглубление морских подводных трубопроводов. М.: Изд-во ОАО «ЛУКОЙЛ», 2000. 85 с.
43. Кофф Г.Л., Левин Б.В., Морозов Е.Н., Борсукова О.В. Оценка риска цунами и сейсмического риска береговых зон Сахалинской области. Южно-Сахалинск, 2005. 61 с.
44. Кан К., Зеркаль О.В., Фоменко И.К., Павленко О.В. Вероятностный анализ устойчивости склонов при сейсмическом воздействии с использованием акселерограмм // *Основания, фундаменты и механика грунтов (ОФМГ)*. 2019. № 2. С. 2–8.
45. Штейнберг В.В. Колебания поверхности земли вблизи очагов сильных землетрясений: автореф. дис... док. физ.-мат. наук. М., 1985. 32 с.
46. Невельское землетрясение и цунами 2 августа 2007 года, о. Сахалин / под ред. Б.В. Левина, И.Н. Тихонова. М.: Янус-К, 2009. С. 122–128.
47. Солоненко В.П. Землетрясения и рельеф // *Геоморфология*. 1973. № 4. С. 3–13.
48. Пинегина Т.К., Кожурин А.И. Опыт применения георадара при изучении сейсмоструктурных деформаций на Камчатке // Доклады научного симпозиума «Проблемы сейсмичности и современной геодинамики Дальнего Востока и Восточной Сибири», 1–4 июня 2010 г., г. Хабаровск. С. 226–230.
49. Бугаев Е.Г., Кишкина С.Б. Оценка долговременной и текущей сейсмической опасности площадок объектов использования атомной энергии на основании материалов инженерных изысканий // *Ядерная и радиационная безопасность*. 2018. № 3. С. 1–13.
50. Писаренко В.Ф., Родкин М.В. Распределения с тяжелыми хвостами: приложения к анализу катастроф // *Вычислительная сейсмология*. М.: ГЕОС, 2007. Вып. 38. 240 с.
51. Мамедов П.З., Гулиев И.С. Субвертикальные геологические тела в осадочном чехле Южно-Каспийской впадины // *Известия АзАН. Науки о Земле*. 2003. № 3. С. 10–15.
52. Ковачев С.А., Казьмин В.Г., Кузин И.П., Лобковский Л.И. Новые данные по сейсмичности Среднего Каспия и их возможная тектоническая интерпретация // *Геотектоника*. 2006. № 5. С. 50–60.
53. Гулиев И.С., Керимов В.Ю., Етирмишли Г.Д., Юсубов Н.П., Мустаев Р.Н., Гусейнова А.Б. Современные геодинамические процессы и их значение в восполнении запасов углеводородов в Черноморско-Каспийском регионе // *Геотектоника*. 2021. № 3. С. 96–112.
54. Устюгов Г.В., Ершов В.В. Извержения грязевых вулканов Азербайджана и их корреляция с сильными землетрясениями // *Вестник ВГУ. Серия: Геология*. 2019. № 4. С. 6–13.
55. Ершов В.В. Флюидодинамические процессы в грязевулканических структурах и их связь с региональной сейсмичностью (на примере о-ва Сахалин): автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. М.: Изд-во Института динамики геосфер РАН, 2013. 214 с.
56. Ершов В.В. О некоторых особенностях и механизмах отклика флюидодинамических систем на сейсмические события // Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска», Южно-Сахалинск, 26–30 мая 2015 г. / под ред. Б.В. Левина, О.Н. Лихачевой. Владивосток: Дальнаука, 2015. Т. 2. С. 416–418.

57. Ковачев С.А., Крылов А.А. Возможные причины нефтегазовых высачиваний (грифонов) в северной части Каспийского моря // *Материалы 15-й Всероссийской научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2017)»*. М., 2017. Т. 1. С. 218–222.
58. Астахов С.М. Влияние сеймотектонической напряженности недр на процессы вторичной миграции углеводородов // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2016. № 2. С. 14–21.
59. Доманский А.В., Ершов В.В. Оценка сейсмического воздействия на динамику грифонной деятельности грязевых вулканов // *Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения академика П.Н. Кротопкина, «Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды и жизнь», 18–22 октября 2010 г.* М.: ГЕОС, 2010. С. 150–153.
60. Холмогоров А.О. Сейсмическая активность и колебания концентраций метана в Японском море // *Тезисы докладов 4-й Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы», г. Южно-Сахалинск, 6–10 сентября 2021 г.* Южно-Сахалинск: Изд-во Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, 2021. С. 59.
61. Кочарян Г.Г., Виноградов Е.А., Горбунова Э.М., Марков В.К., Марков Д.В., Перник Л.М. Гидрогеологический отклик подземных коллекторов на сейсмические колебания // *Физика Земли*. 2011. № 12. С. 50–62.
62. Wang C.-Y., Wong A., Dreger D.S., Manga M. Liquefaction limit during earthquakes and underground explosions: implications on ground-motion attenuation // *Bulletin of the Seismological Society of America*. 2006. Vol. 96. P. 355–363.
63. Manga M., Brodsky E. Seismic triggering of eruptions in the far field: volcanoes and geysers // *Annual Review of Earth and Planetary Science*. 2006. Vol. 34. P. 263–291.
64. Manga M., Brumm M., Rudolph M.L. Earthquake triggering of mud volcanoes // *Marine and Petroleum Geology*. 2009. Vol. 26. P. 1785–1798.
65. Андреев А.В., Лунина О.В. Параметры землетрясений и пространственное распределение косейсмических эффектов на юге Сибири и в Монголии // *Вопросы инженерной сейсмологии*. 2012. Т. 39. № 2. С. 37–68.
66. Никонов А.А. Опасные сейсмообусловленные рельефообразующие процессы в приморской зоне и на шельфе – научные и прикладные аспекты // *Материалы Всероссийской научной конференции «Геоморфологические процессы и их прикладные аспекты»* (6-е Щукинские чтения). М.: Изд-во Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, 2010. С. 331–333.
67. Алешин А.С. Сейсмическое микрорайонирование особо ответственных объектов. М.: Светоч Плюс, 2010. 304 с.
68. Аптикаев Ф.Ф. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. М.: ООО «Наука и образование», 2012. 176 с.
69. Ассиновская Б.А., Овсов М.К. Оценка сейсмической опасности Восточно-Балтийского региона // *Геориск*. 2015. № 3. С. 21–27. URL: http://www.geomark.ru/journals_list/zhurnal-georisk-32015.
70. Ассиновская Б.А., Панас Н.М., Овсов М.К., Антоновская Г.Н. Предварительная оценка сейсмической опасности района Арктического хребта Гаккеля и окрестностей // *Российский сейсмологический журнал*. 2019. Т. 1. № 1. С. 35–45.
71. Ковачев С.А., Кузин И.П., Лобковский Л.И. Первый опыт сейсмического микрорайонирования морского дна с помощью донных сейсмографов // *Вулканология и сейсмология*. 2002. № 4. С. 1–6.
72. Ковачев С.А., Кузин И.П., Лобковский Л.И. Детальные сейсмологические наблюдения на центральном участке шельфа и континентального склона северо-восточной части Черного моря с помощью донных станций // *Физика Земли*. 2003. № 1. С. 21–27.
73. Крылов А.А., Иващенко А.И., Ковачев С.А. Оценка сейсмической опасности нефтегазоносных шельфовых зон на примере Северного Каспия // *Океанология*. 2015. Т. 55. № 6. С. 1006–1012.
74. Кузин И.П., Ковачев С.А., Лобковский Л.И. Об оценке сейсмической опасности и сейсмическом микрорайонировании участков строительства морских сооружений на слабосейсмичных акваториях // *Вулканология и сейсмология*, 2009. № 2. С. 67–80.
75. Лобковский Л.И., Кузин И.П., Ковачев С.А. Сейсмическое микрорайонирование шельфа, континентального склона и прилегающей части восточно-черноморской впадины // *Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря*. М.: Наука, 2002. С. 380–389.
76. Миндель И.Г., Трифонов Б.А., Кауркин М.Д., Несынов В.В. Оценка исходных сейсмических воздействий для северной части шельфа Баренцева моря (р-н Новой Земли) для решения задач сейсмического микрорайонирования территорий освоения перспективных участков добычи углеводородов // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. 2019. № 2. С. 38–47.
77. Павленко О.В. Сейсмические волны в грунтовых слоях: нелинейное поведение грунта при сильных землетрясениях последних лет. М.: Научный мир, 2009. 260 с.
78. Куликов Е.А., Иващенко А.И., Миронюк С.Г. Оценка цунамиопасности на северо-восточном побережье о. Сахалин и уроки аварии на АЭС Фукусима-Дайичи // *Геориск*. 2015. № 1. С. 26–30.
79. Миронюк С.Г. Геологические опасности дна восточной части Черного моря и их учет при выборе трасс подводных газопроводов // *Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Д.Г. Панова, «Геология, география и экология океана», г. Ростов-на-Дону, 8–11 июня 2009 г.* Ростов на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 230–233.

80. Миронюк С.Г. Оценка сейсмической опасности участков строительства морских трубопроводных и добычных сооружений на шельфе // Газовая промышленность. 2014. № 5 (712). С. 113–119.
81. Миронюк С.Г. Подход к количественной оценке опасности для трубопровода, пересекающего активный разлом (Баренцево море) // Материалы 16-й Общероссийской научно-практической конференции «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации», г. Москва, 1–3 декабря 2021 г. С. 561–568.
82. Миронюк С.Г., Ионов В.Ю. Оценка сейсмической разжижаемости грунтов Баренцева моря // Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Выпуск 23. Сергеевские чтения. Фундаментальные и прикладные вопросы современного грунтоведения Сергеевские чтения. Фундаментальные и прикладные вопросы современного грунтоведения. М., 2022. С. 202–207.
83. Миронюк С.Г., Кропоткин М.П., Ионов В.Ю. Оценка устойчивости обвально-оползневого склона Черноморского побережья с учетом возможных сейсмических воздействий // Материалы докладов Общероссийской научно-практической конференции «Изучение опасных природных процессов и явлений при инженерных изысканиях». М: Геомаркетинг, 2019. С. 99–113.
84. Миронюк С.Г., Росляков А.Г., Иванова А.А. и др. Выявление и подходы к анализу опасности и риска разрывных нарушений при инженерно-геологических изысканиях на акваториях // Инженерные изыскания. 2020. Т. 14, № 1. С. 24–38.
85. Ассиновская Б.А., Нахшина Л.П. Некоторые проблемы сейсмического районирования акваторий // Сейсмическое районирование шельфа. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1990. С. 130–138.
86. Иващенко А.И., Ким Ч.У., Федоришин М.С. Определение сейсмической опасности на шельфе // Сейсмическое районирование шельфа. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1990. С. 5–21.
87. Кузин И.П. О сейсмическом районировании шельфов (на примере Охотского моря) // Сейсмическое районирование шельфа. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1990. С. 66–98.
88. Васильев Ю.И., Гвоздев А.А., Иванова Л.А. и др. Механические свойства мягкого грунта в интервале напряжений до $(5\div 10)\times 10^5$ Па или 5–10 кг/см² и выбор модели грунта, описывающей его поведение при сильных землетрясениях // Сейсмическое микрорайонирование. М.: Наука, 1977. С. 121–129.
89. Островский А.Б. Палеосеймотектонические дислокации на Черноморском побережье Северо-Западного Кавказа в связи с оценкой современной сейсмической опасности этой территории // Комплексные исследования Черноморской впадины. М.: Наука, 1970. С. 46–58.
90. Овсющенко А.Н., Новичихин А.М., Быхалова О.Н., Рогожин Е.А., Корженков А.М., Ларьков А.С., Бутанаев Ю.В., Лукашова Р.Н. Междисциплинарное датирование Утришских сейсмодислокаций: к локализации очага сильного исторического землетрясения на Западном Кавказе // Вопросы инженерной сейсмологии. 2019. Т. 46. № 3. С. 50–73.
91. Миронюк С.Г., Кропоткин М.П. Возможный механизм и причины образования утришских оползней суши и шельфа (полуостров Абрау) // Материалы 2-й Международной научной конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова, «Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов (Опасные явления II)». 2020. С. 52–57.
92. Габсатарова И.П., Малянова Л.С., Селиванова Е.А., Якушева В.Н. Су-Псехское землетрясение 10 декабря 2012 г. с $K_p=11.5$, $M_{w,рег}=4.3$, $I_p=5-6$ (Анапский сейсмоактивный район) // Землетрясения Северной Евразии. Выпуск 21 (2012 г.). Обнинск: Изд-во ФИЦ ЕГС РАН, 2018. С. 420–432.
93. Kuscu I., Okamura M., Matsuoka H., Gokasan E., Awata Y., Tur H., Simsek M., Kecer M. Seafloor gas seeps and sediment failures triggered by the August 17, 1999 earthquake in the Eastern part of the Gulf of Izmit, Sea of Marmara, NW Turkey // Marine Geology. 2005. Vol. 215. P. 193–214.
94. Kitamura A., Tominaga E., Sakai H. Subaqueous sand blow deposits induced by the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake, Japan // Proceedings of the Paleoseismology Workshop, March 15, 1999, Tsukuba, Japan. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1440-1738.2002.00351.x>.
95. Дударев О.В. Современный литоморфогенез на восточно-арктическом шельфе России: автореферат дис... док. геол.-минер. наук. Владивосток, 2016. 49 с.
96. Field M.E., Jennings A.E. Seafloor gas seeps triggered by a northern California earthquake // Marine Geology. 1987. Vol. 77. P. 39–51.

References ►

1. Voznesenskiy E.A., Kovalenko V.G., Kushnareva E.S., Funikova V.V. Razzhizhenine gruntov pri tsiklicheskih nagruzkah [Liquefaction of soils under cyclic loads]. М.: Изд-во MGU, 2005. 134 s. (in Rus.).
2. Medvedev S.V. Inzhenernaya seysmologiya [Engineering seismology]. М.: Gosstroyizdat, 1962. 284 s. (in Rus.).
3. Shahraman'yan M.A. Otsenka seysmicheskogo riska i prognoz posledstviy zemletryaseniya v zadachah spaseniya naseleniya (teoriya i praktika) [Seismic risk assessment and earthquake consequences prediction in the tasks of saving the population (theory and practice)]. М.: Изд-во VNI GOCHS, 2000. 192 s. (in Rus.).
4. Koff G.L., Ryumina E.V. Seismicheskii risk (vidy, otsenka, upravleniye) [Seismic risk (types, assessment, management)]. М.: Polteks, 2005. 108 s. (in Rus.).

5. Nikitin S.N., Pogrebchenko V.V., Nikitina I.A. Pervichnyie i vtorichnyie seismogennyye yavleniya [Primary and secondary seismogenic phenomena] // Materialy dokladov Obshcherossiiskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Izucheniye opasnykh prirodnykh protsessov i yavleniy pri inzhenernykh izyskaniyakh». M.: OOO «GeomarketinG», 2019. S. 92–98 (in Rus.).
6. Mironyuk S.G. Flyuidogennyye obrazovaniya: obosnovaniye vydeleniya novoy geneticheskoy gruppy rel'efa morskogo dna [Fluidogenic formations: substantiation of the identification of a new genetic group of the seabed relief] // Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem «Rel'yef i prirodopol'zovaniye» (8-e Shchukinskiye chteniya), Moskva, 28 sentyabrya – 1 oktyabrya 2020 g. M.: Izd-vo Geograficheskogo fakul'teta MGU imeni M.V. Lomonosova, 2020. S. 37–43 (in Rus.).
7. Maksimovich G.A. O gryazevykh vulkanah, obrazuyushchihsya pri zemletryaseniyah [On mud volcanoes formed during earthquakes] // Izvestiya AN SSSR. Seriya: Geologiya. 1953. № 5. S. 146–147 (in Rus.).
8. Kuznetsov V.V. Sil'nyie dvizheniya v epitsentre Chuyskogo zemletryaseniya kak rezul'tat vyhoda udarnoy volny na poverkhnost' zemli [Strong movements in the epicenter of the Chuy earthquake as a result of the shock wave reaching the earth's surface] // Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Altayskoye (Chuyskoye) zemletryaseniye: prognozy, harakteristiki, posledstviya». Gorno-Altaysk: Izd-vo Gorno-Altayskogo gosudarstvennogo universiteta, 2004. URL: https://e-lib.gasu.ru/konf/zemletr04/R_6.html (in Rus.).
9. Formy geologicheskikh tel: terminologicheskiy spravochnik [Forms of geological bodies: terminological reference book]. M.: Nedra, 1977. 246 s. (in Rus.).
10. Youd L.T. et al. Liquefaction potential map of San Fernando, California, in seismic zonation in the San Francisco Bay Region. USGS Circular № 807. 1979. 20 p.
11. Golubov B.N., Ivanov A.Yu. Aktivizatsiya vybrosov nefiti iz neдр Severnogo i Srednego Kaspiya v aprele – iyune 2012 g. po sputnikovym i geologo-geofizicheskim dannym [Activation of oil emissions from the bowels of the earth of the Northern and Middle Caspian in April and June 2012 according to satellite and geological and geophysical data] // Issledovaniya Zemli iz kosmosa. 2014. № 2. S. 67–81 (in Rus.).
12. Mironyuk S.G. Gryazevyie vulkany Azovo-Chernomorskogo basseyna i privileyushchey territorii i otsenka ih opasnosti dlya zdaniy i sooruzheniy [Mud volcanoes of the Azov – Black Sea basin and adjacent territory and assessment of their danger for buildings and structures] // Georisk. 2010. № 3. S. 20–28 (in Rus.).
13. Aliev A.A., Guliev I.S., Dadashev F.G., Rakhmanov R.R. Atlas gryazevykh vulkanov mira [Atlas of mud volcanoes of the world]. Baku: NaftaPress, 2015. 323 s. (in Rus.).
14. Panahi B.M.-O. Seismichnost' oblastey razvitiya gryazevykh vulkanov (Azerbaydzhan i region Kaspiya) [Seismicity of the areas of development of mud volcanoes (Azerbaijan and the Caspian region)]; avtoref. dis... dok. geol.-miner. nauk. M., 1998. 281 s. (in Rus.).
15. Karaev R.N. Otsenka avariynosti morskikh neftegazovykh sooruzheniy. Chast' 1 [Evaluation of the accident rate of offshore oil and gas facilities. Part 1] // Morskoy vestnik. 2016. № 3. S. 85–90 (in Rus.).
16. Zhuravel' V.I., Zhuravel' I.V., Mansurov M.N. Prakticheskiye voprosy ucheta avariynosti morskikh skvazhin [Practical issues of accounting for offshore well accidents] // Vestnik gazovoy nauki. 2015. № 2. S. 133–141 (in Rus.).
17. Mironyuk S.G., Vinda A.A., Ionov V.Yu., Naumenko D.A., Chicherov A.L. Opyt primeneniya naklonno-napravlennoogo bureniya pri peresechenii beregovoy zony (na primere stroitel'stva gazoprovoda na shel'fe severo-vostochnoy chasti Chernogo morya) [Experience in the use of directional drilling when crossing the coastal zone (on the example of the construction of a gas pipeline on the shelf of the north-eastern part of the Black Sea)] // Prirodnye i tekhnogennyye riski. Bezopasnost' sooruzheniy. 2011. № 3. S. 35–42 (in Rus.).
18. Neft', gaz, oborudovaniye: terminologicheskiy slovar' [Oil, gas, equipment: a terminological vocabulary]. M.: Nedra-Biznestsentr, 2004. 311 s. (in Rus.).
19. Mushketov I., Orlov A. Katalog zemletryasenyi Rossiyskoy imperii [Catalog of earthquakes in the Russian Empire]. Sankt-Peterburg: Tipografiya Imperatorskoy akademii nauk, 1893. 582 s. (in Rus.).
20. Ponomarev A.V., Sidorin A.Ya. Osnovopolozhnik sovremennoy seysmologii Boris Borisovich Golitsyn (1862–1916 gg.): k 150-letiyu so dnya rozhdeniya [The founder of modern seismology Boris Borisovich Golitsyn (1862–1916): on the occasion of his 150th birthday] // Vestnik ONZ RAN. 2012. T. 4. № 6001. doi:10.2205/2012NZ000114 (in Rus.).
21. Medvedev S.V. Mezhdunarodnaya shkala seysmicheskoy intensivnosti [International Scale of Seismic Intensity] // Seismicheskoye rayonirovaniye SSSR. M.: Nauka, 1968. S. 151–162 (in Rus.).
22. Solonenko V.P. Shkala ball'nosti po seismodislotsiyam [Intensity grade scale for seismic dislocations] // Seismicheskaya shkala i metody izmereniya seysmicheskoy intensivnosti. M.: Nauka, 1975. S. 121–131 (in Rus.).
23. Shebalin N.V., Aptikaev F.F. Razvitiye shkal tipa MSK [Development of MSK-type scales] // Vychislitel'naya seysmologiya. 2003. Vyp. 34. S. 210–253 (in Rus.).
24. Sherman S.I., Berzhinskiy Yu.A., Dem'yanovich N.I., Pavlenko V.A. Regional'naya shkala seysmicheskoy intensivnosti dlya Pribaykal'ya [Regional scale of seismic intensity for the Baikal region] // Problemy seysmichnosti Dal'nego Vostoka. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 1999. S. 135–137 (in Rus.).
25. Tatevossian R.N., Rogozhin E.A., Arefiev S.S., Ovsyuchenko A.N. Earthquake intensity assessment based on environmental effects: principles and case studies. Geological Society, London, Special Publications, 2009. Vol. 316. P. 73–91. URL: <https://doi.org/10.1144/SP316.5>.
26. Klyachko M.A., Shestoperov G.S., Strom A.L. Mezhgosudarstvennyi standart «Shkala makroseysmicheskaya» [Interstate standard “Macroseismic Scale”] // Materialy 8-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy snizheniya prirodnykh opasnostey i riskov (Georisk-2012)». M.: Izd-vo RUDN, 2012. T. 2. S. 98–103 (in Rus.).

27. Paleoseismologiya (per. s angl.) [Paleoseismology (translated from English)]. M.: Nauchnyi mir, 2011. T. 1. 560 s. (in Rus.).
28. Yakubov A.A., Aliev A.A. Gryazevyie vulkany [Mud volcanoes]. M.: Znaniye, 1978. 56 s. (in Rus.).
29. Solonenko V.P., Treskov A.A., Kurushin R.A. i dr. Zhivaya tektonika, vulkany i seismichnost' Stanovogo nagor'ya [Living tectonics, volcanoes and seismicity of the Stanovoy Upland]. M.: Nauka, 1966. 231 s. (in Rus.).
30. Rogozhin E.A. Ocherki regional'noy seismotektoniki [Essays on regional seismotectonics]. M.: Izd-vo IFZ RAN, 2012. 340 s. (in Rus.).
31. Konstantinova T.G. Razzhizheniye gruntov i razrusheniya pri sil'nyh zemletryaseniayah [Soil liquefaction and destruction during strong earthquakes] // Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem «Geodinamicheskiye protsessy i prirodnyie katastrofy. Opyt Neftegorskaya», Yuzhno-Sahalinsk, 26–30 maya 2015 g. / pod red. B.V. Levina, O.N. Likhachevoi. Vladivostok: Dal'nauka, 2015. T. 1. C. 103–108 (in Rus.).
32. Imaev V.S. Arkhitektura seysmopasnykh zon Altaya [Architecture of seismic zones of Altai]. Barnaul: Izd-vo Altayskogo gos. un-ta, 2007. 232 s. (in Rus.).
33. Strel'tsov M.I. Neftegorskoye zemletryaseniye 27 (28) maya 1995 goda na Sahaline [Neftegorsk earthquake on May 27 (28), 1995 on Sakhalin]. M.: Yanus-K, 2005. 177 s. (in Rus.).
34. Hovland M., Gardner J.V., Judd A.G. The significance of pockmarks to understanding fluid flow processes and geohazards. *Geofluids*, 2002, 2 (2): 127–136. URL: doi.org/10.1046/j.1468-8123.2002.00028.x.
35. Lunina O.V., Andreev A.V., Gladkov A.A. Zakonomernosti proyavleniya i modeli lokalizatsii opasnykh geologicheskikh protsessov pri seysmogennoy aktivizatsii razlomov na yuge Sibiri i v Mongolii [Patterns of manifestation and localization models of dangerous geological processes during seismogenic activation of faults in the south of Siberia and Mongolia] // *Geologiya i geofizika*. 2014. № 8. S. 1294–1313 (in Rus.).
36. Borisov B.A. O nepriyeml moy tendentsii k zavyscheniyu magnitud istoricheskikh zemletryaseni y na primere Krasnovodskogo zemletryaseniya [On the unacceptable tendency to overestimate the magnitudes of historical earthquakes on the example of the Krasnovodsk earthquake] // *Voprosy inzhenernoy seysmologii*. M.: Nauka, 1992. Vyp. 33. S. 28–39 (in Rus.).
37. Levina V.I. i dr. Olyutorskoye zemletryaseniye 20 aprelya 2006 g. s $M_w=7.6$, $I_0=9-10$ (Koryakskoye nagor'ye) [April 20, 2006 Olyutorskoe earthquake with $M_w=7.6$, $I_0=9-10$ (Koryak Highlands)] // *Zemletryaseniya Severnoy Evrazii*, 2006 god. Obninsk, 2012. S. 214–239 (in Rus.).
38. Tarakanov A.I., Pestrikov Yu.A., Marycheva A.V. Gidrodinamicheskiye vybrosy grunta pri zemletryaseniayah. Na primere Kamchatki [Hydrodynamic ejections of soil during earthquakes. On the example of Kamchatka] // *GeoInfo*. 15.05.2019. URL: <https://geoinfo.ru/product/tarakanov-aleksandr-ivanovich/gidrodinamicheskie-vybrosy-grunta-pri-zemletryaseniayah-na-primere-kamchatki-40737.shtml> (in Rus.).
39. Mironyuk S.G. Beregovyye primykaniya morskikh gazoprovodov: vybor tekhnologii stroitel'stva s uchetom otsenki geologicheskikh opasnostey [Landfalls (pipeline abutments) of offshore gas pipelines: the choice of construction technology taking into account the assessment of geological hazards] // *Gazotransportnyie sistemy: nastoyashchee i budushchee*. M.: Izd-vo Gazprom VNIIGAZ, 2015. C. 31 (in Rus.).
40. Kalinin E.V., Panas'yan L.L., Shirokov V.N., Artamonova N.B., Fomenko I.K. Modelirovaniye poley napryazheniy v inzhenerno-geologicheskikh massivah [Modeling of stress fields in engineering geological soil bodies (masses)]. M.: Izd-vo MGU, 2003. 262 s. (in Rus.).
41. Val'dman N.A., Grudnitskiy G.V., Egorov S.I. Nekotoryie voprosy povysheniya nadezhnosti morskikh podvodnykh truboprovodov [Some issues of improving the reliability of offshore underwater pipelines] // *Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra*. 2012. № 66. S. 69–74 (in Rus.).
42. Grudnitskiy G.V., Muradov K.V., Ulanov E.F. Zaglubleniye morskikh podvodnykh truboprovodov [Deepening of offshore underwater pipelines]. M.: Izd-vo OAO «LUKOIL», 2000. 85 s. (in Rus.).
43. Koff G.L., Levin B.V., Morozov E.N., Borsukova O.V. Otsenka riska tsunami i seysmicheskogo riska beregovykh zon Sahalinskoy oblasti [Assessment of tsunami risk and seismic risk of the coastal zones of the Sakhalin region]. Yuzhno-Sahalinsk, 2005. 61 s. (in Rus.).
44. Kan K., Zerkal' O.V., Fomenko I.K., Pavlenko O.V. Veroyatnostnyy analiz ustoychivosti sklonov pri seysmicheskom vozdeystvii s ispol'zovaniyem akselerogramm [Probabilistic analysis of slope stability under seismic impact using accelerograms] // *Osnovaniya, fundamente i mehanika gruntov (OFMG)*. 2019. № 2. S. 2–8. (in Rus.).
45. Shteinberg V.V. Kolebaniya poverhnosti zemli vblizi ochagov sil'nykh zemletryaseni y [Oscillations of the Earth's surface near the sources of strong earthquakes]: avtoref. dis... dok. fiz.-mat. nauk. M., 1985. 32 s. (in Rus.).
46. Nevel'skoye zemletryaseniye i tsunami 2 avgusta 2007 goda, o. Sahalin [Nevelsk earthquake and tsunami on August 2, 2007, Sakhalin Island] / pod red. B.V. Levina, I.N. Tikhonova. M.: Yanus-K, 2009. S. 122–128 (in Rus.).
47. Solonenko V.P. Zemletryaseniya i rel'yef [Earthquakes and relief] // *Geomorfologiya*. 1973. № 4. S. 3–13 (in Rus.).
48. Pinegina T.K., Kozhurin A.I. Opyt primeneniya georadara pri izuchenii seysmotektonicheskikh deformatsiy na Kamchatke [Experience in the use of georadar in the study of seismotectonic deformations in Kamchatka] // *Doklady nauchnogo simpoziuma «Problemy seysmichnosti i sovremennoy geodinamiki Dal'nego Vostoka i Vostochnoy Sibiri»*, 1–4 iyunya 2010 g., g. Habarovsk. S. 226–230 (in Rus.).
49. Bugaev E.G., Kishkina S.B. Otsenka dolgovremennoy i tekushchey seysmicheskoy opasnosti ploshchadok ob'yektov ispol'zovaniya atomnoy energii na osnovanii materialov inzhenernykh izyskaniy [Estimation of long-term and current seismic hazard of sites of nuclear facilities based on engineering survey materials] // *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'*. 2018. № 3. S. 1–13 (in Rus.).

50. Pisarenko V.F., Rodkin M.V. Raspredeleniya s tyazhelymi hvostami: prilozheniya k analizu katastrof [Distributions having heavy-tails: applications to catastrophe analysis] // Vychislitel'naya seysmologiya. M.: GEOS, 2007. Vyp. 38. 240 s. (in Rus.).
51. Mamedov P.Z., Guliev I.S. Subvertikal'nyie geologicheskiye tela v osadochnom chehle Yuzhno-Kaspiyskoy vpadiny [Subvertical geological bodies in the sedimentary cover of the South Caspian depression] // Izvestiya AZAN. Nauki o Zemle. 2003. № 3. S. 10–15 (in Rus.).
52. Kovachev C.A., Kaz'min V.G., Kuzin I.P., Lobkovskiy L.I. Novyye dannyye po seysmichnosti Srednego Kaspiya i ih vozmozhnaya tektonicheskaya interpretatsiya [New data on the seismicity of the Middle Caspian and their possible tectonic interpretation] // Geotektonika. 2006. № 5. S. 50–60 (in Rus.).
53. Guliev I.S., Kerimov V.Yu., Etirmishli G.D., Yusubov N.P., Mustaev R.N., Guseinova A.B. Sovremennyye geodinamicheskiye protsessy i ih znachenie v vospolnenii zapasov uglevodorodov v Chernomorsko-Kaspiyskom regione [Modern geodynamic processes and their significance in the replenishment of hydrocarbon reserves in the Black Sea and Caspian region] // Geotektonika. 2021. № 3. S. 96–112 (in Rus.).
54. Ustyugov G.V., Ershov V.V. Izverzheniya gryazevykh vulkanov Azerbaydzhana i ih korrelyatsiya s sil'nymi zemletryasenyami [Mud volcano eruptions in Azerbaijan and their correlation with strong earthquakes] // Vestnik VGU. Seriya: Geologiya. 2019. № 4. S. 6–13 (in Rus.).
55. Ershov V.V. Flyuidodinamicheskiye protsessy v gryazevulkanicheskikh strukturah i ih svyaz' s regional'noy seysmichnost'yu (na primere o-va Sahalin [Fluid-dynamic processes in mud volcanic structures and their connection with regional seismicity (on the example of Sakhalin Island)]: avtoref. dis... kand. geol.-min. nauk. M.: Izd-vo Instituta dinamiki geosfer RAN, 2013. 214 c. (in Rus.).
56. Ershov V.V. O nekotorykh osobennostyakh i mekhanizmah otklika fluidodinamicheskikh sistem na seysmicheskiye sobytiya [On some features and mechanisms of the response of fluid-dynamic systems to seismic events] // Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem «Geodinamicheskiye protsessy i prirodnyie katastrofy. Opyt Neftegorsk», Yuzhno-Sahalinsk, 26–30 maya 2015 g. / pod red. B.V. Levina, O.N. Likhachevoy. Vladivostok: Dal'nauka, 2015. T. 2. S. 416–418 (in Rus.).
57. Kovachev S.A., Krylov A.A. Vozmozhnyie prichiny neftegazovykh vysachivaniy (grifonov) v severnoy chasti Kaspiyskogo morya [Possible causes of oil and gas seeps (gryphons) in the northern part of the Caspian Sea] // Materialy 15-y Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Sovremennyye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovaniy (MSOI-2017)». M., 2017. T. 1. S. 218–222 (in Rus.).
58. Astahov S.M. Vliyaniye seysmotektonicheskoy napryazhennosti nedra na protsessy vtorichnoy migratsii uglevodorodov [Influence of seismotectonic intensity of the bowels of the earth on the processes of secondary migration of hydrocarbons] // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy. 2016. № 2. S. 14–21 (in Rus.).
59. Domanskiy A.V., Ershov V.V. Otsenka seysmicheskogo vozdeystviya na dinamiku grifonnoy deyatel'nosti gryazevykh vulkanov [Estimation of seismic impact on the dynamics of griffon activity of mud volcanoes] // Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika P.N. Kropotkina, «Degazatsiya Zemli: geotektonika, geodinamika, geoflyuidy; nef' i gaz; uglevodorody i zhizn'», 18–22 oktyabrya 2010 g. M.: GEOS, 2010. S. 150–153 (in Rus.).
60. Holmogorov A.O. Seysmicheskaya aktivnost' i kolebaniya kontsentratsii metana v Yaponskom more [Seismic activity and fluctuations in methane concentrations in the Sea of Japan] // Tezisy dokladov 4-y Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem «Geodinamicheskiye protsessy i prirodnyie katastrofy», g. Yuzhno-Sahalinsk, 6–10 sentyabrya 2021 g. Yuzhno-Sahalinsk: Izd-vo Instituta morskoy geologii i geofiziki DVO RAN, 2021. S. 59 (in Rus.).
61. Kocharyan G.G., Vinogradov E.A., Gorbunova E.M., Markov V.K., Markov D.V., Pernik L.M. Gidrogeologicheskyy otklik podzemnykh kollektorov na seysmicheskiye kolebaniya // Fizika Zemli. 2011. № 12. S. 50–62 (in Rus.).
62. Wang C.-Y., Wong A., Dreger D.S., Manga M. Liquefaction limit during earthquakes and underground explosions: implications on ground-motion attenuation. Bulletin of the Seismological Society of America, 2006, 96: 355–363.
63. Manga M., Brodsky E. Seismic triggering of eruptions in the far field: volcanoes and geysers. Annual Review of Earth and Planetary Science, 2006, 34: 263–291.
64. Manga M., Brumm M., Rudolph M.L. Earthquake triggering of mud volcanoes. Marine and Petroleum Geology, 2009, 26: 1785–1798.
65. Andreev A.V., Lunina O.V. Parametry zemletryaseny i prostranstvennoye raspredeleniye koseysmicheskikh effektov na yuge Sibiri i v Mongolii [Earthquake parameters and spatial distribution of coseismic effects in the south of Siberia and Mongolia] // Voprosy inzhenernoy seysmologii. 2012. T. 39. № 2. S. 37–68 (in Rus.).
66. Nikonov A.A. Opasnyie seysmoobuslovlennyye rel'yefoobrazuyushchiye protsessy v primorskoy zone i na shel'fe – nauchnyie i prikladnyie aspekty [Dangerous seismic relief-forming processes in the coastal zone and on the shelf – scientific and applied aspects] // Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii «Geomorfologicheskyye protsessy i ih prikladnyie aspekty» (6-ye Shchukinskiye chteniya). M.: Izd-vo Geograficheskogo fakul'teta MGU imeni M.V. Lomonosova, 2010. S. 331–333 (in Rus.).
67. Aleshin A.S. Seysmicheskoye mikrorayonirovaniye osobo otvetstvennykh ob'yektov [Seismic microzoning of especially critical objects]. M.: Svetoch Plyus, 2010. 304 s. (in Rus.).
68. Aptikaev F.F. Instrumental'naya shkala seysmicheskoy intensivnosti [Instrumental scale of seismic intensity]. M.: OOO «Nauka i obrazovanie», 2012. 176 s. (in Rus.).

69. Assinovskaya B.A., Ovsov M.K. Otsenka seismicheskoy opasnosti Vostochno-Baltiyskogo regiona [Seismic hazard assessment of the East-Baltic Region] // Georisk. 2015. № 3. S. 21–27. URL: http://www.geomark.ru/journals_list/zhurnal-georisk-32015 (in Rus.).
70. Assinovskaya B.A., Panas N.M., Ovsov M.K., Antonovskaya G.N. Predvaritel'naya otsenka seismicheskoy opasnosti rayona Arkticheskogo hrebta Gakkelya i okrestnostey [Preliminary assessment of seismic hazard in the area of the Arctic Gakkel Ridge and its environs] // Rossiyskiy seismologicheskii zhurnal. 2019. T. 1. № 1. S. 35–45 (in Rus.).
71. Kovachev S.A., Kuzin I.P., Lobkovskiy L.I. Pervyi opyt seismicheskogo mikrorayonirovaniya morskogo dna s pomoshch'yu donnykh seismografov [The first experience of seismic microzoning of the seabed using bottom seismographs] // Vulkanologiya i seismologiya. 2002. № 4. S. 1–6 (in Rus.).
72. Kovachev S.A., Kuzin I.P., Lobkovskiy L.I. Detal'nyie seismologicheskiye nablyudeniya na tsentral'nom uchastke shel'fa i kontinental'nogo sklona severo-vostochnoy chasti Chernogo morya s pomoshch'yu donnykh stantsiy [Detailed seismological observations in the central area of the shelf and continental slope of the northeastern part of the Black Sea using bottom stations] // Fizika Zemli. 2003. № 1. S. 21–27 (in Rus.).
73. Krylov A.A., Ivashchenko A.I., Kovachev S.A. Otsenka seismicheskoy opasnosti neftegazonosnykh shel'fovyykh zon na primere Severnogo Kaspiya [Estimation of seismic hazard of oil-and-gas-bearing shelf zones on the example of the Northern Caspian] // Okeanologiya. 2015. T. 55. № 6. S. 1006–1012 (in Rus.).
74. Kuzin I.P., Kovachev S.A., Lobkovskiy L.I. Ob otsenke seismicheskoy opasnosti i seismicheskom mikrorayonirovanii uchastkov stroitel'stva morskikh sooruzheniy na slaboseismichnykh akvatoriyyah [On the assessment of seismic hazard and seismic microzoning of construction sites for offshore structures in low seismic water areas] // Vulkanologiya i seismologiya. 2009. № 2. S. 67–80.
75. Lobkovskiy L.I., Kuzin I.P., Kovachev S.A. Seismicheskoye mikrorayonirovaniye shel'fa, kontinental'nogo sklona i priliegayushchey chasti vostochno-chernomorskoy vpadiny [Seismic microzoning of the shelf, continental slope and adjacent part of the Eastern Black Sea depression] // Kompleksnyie issledovaniya severo-vostochnoy chasti Chernogo morya. M.: Nauka, 2002. S. 380–389 (in Rus.).
76. Mindel' I.G., Trifonov B.A., Kaurkin M.D., Nesynov V.V. Otsenka ishodnykh seismicheskikh vozdeystviy dlya severnoy chasti shel'fa Barentseva morya (r-n Novoy Zemli) dlya resheniya zadach seismicheskogo mikrorayonirovaniya territorii osvoyeniya perspektivnykh uchastkov dobychi uglevodородов [Estimation of initial seismic impacts for the northern part of the shelf of the Barents Sea (Novaya Zemlya region) for solving the problems of seismic microzoning of territories for the development of promising hydrocarbon production areas] // Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya. 2019. № 2. S. 38–47 (in Rus.).
77. Pavlenko O.V. Seismicheskkiye volny v gruntovykh sloyakh: nelineynoye povedeniye grunta pri sil'nykh zemletryaseniyyakh poslednykh let [Seismic waves in soil layers: nonlinear behavior of soil during strong earthquakes in recent years]. M.: Nauchnyi mir, 2009. 260 s. (in Rus.).
78. Kulikov E.A., Ivashchenko A.I., Mironyuk S.G. Otsenka tsunamiopasnosti na severo-vostochnom poberezh'ye o. Sahalin i uroki avarii na AES Fukushima-Dayichi [Assessment of tsunami hazard on the northeast coast of the Sakhalin island and the lessons of the accident at the Fukushima-Daiichi nuclear power plant] // Georisk. 2015. № 1. S. 26–30 (in Rus.).
79. Mironyuk S.G. Geologicheskiye opasnosti dna vostochnoy chasti Chernogo morya i ih uchet pri vybore trass podvodnykh gazoprovodov [Geological hazards of the bottom of the eastern part of the Black Sea and their consideration when choosing the routes of underwater gas pipelines] // Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya D.G. Panova, «Geologiya, geografiya i ekologiya okeana», g. Rostov-na-Donu, 8–11 iyunya 2009 g. Rostov na-Donu: Izd-vo YuNTs RAN, 2009. S. 230–233 (in Rus.).
80. Mironyuk S.G. Otsenka seismicheskoy opasnosti uchastkov stroitel'stva morskikh truboprovodnykh i dobychnykh sooruzheniy na shel'fe [Seismic hazard assessment of construction sites for offshore pipeline and production facilities on the shelf] // Gazovaya promyshlennost'. 2014. № S (712). S. 113–119 (in Rus.).
81. Mironyuk S.G. Podhod k kolichestvennoy otsenke opasnosti dlya truboprovoda, peresekayushchego aktivnyi razlom (Barentsevo more) [Approach to quantitative risk assessment for a pipeline crossing an active fault (Barents Sea)] // Materialy 16-y Obshcherossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Perspektivy razvitiya inzhenernykh izyskaniy v stroitel'stve v Rossiyskoy Federatsii», g. Moskva, 1–3 dekabrya 2021 g. S. 561–568 (in Rus.).
82. Mironyuk S.G., Ionov V.Yu. Otsenka seismicheskoy razzhizhaemosti gruntov Barentseva morya [Assessment of seismic liquefaction of soils in the Barents Sea] // Materialy godichnoy sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geoekologii, inzhenernoy geologii i gidrogeologii. Vypusk 23. Sergeyevskiy chteniye. Fundamental'nyie i prikladnyie voprosy sovremennogo gruntovedeniya Sergeyevskiy chteniye. Fundamental'nyie i prikladnyie voprosy sovremennogo gruntovedeniya. M., 2022. S. 202–207 (in Rus.).
83. Mironyuk S.G., Kropotkin M.P., Ionov V.Yu. Otsenka ustoychivosti obval'no-opolznevoy sklona Chernomorskogo poberezh'ya s uchetom vozmozhnykh seismicheskikh vozdeystviy [Assessment of the stability of the landslide slope of the Black Sea coast, taking into account possible seismic effects] // Materialy dokladov Obshcherossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Izucheniye opasnykh prirodnykh protsessov i yavleniy pri inzhenernykh izyskaniyakh». M: Geomarketing, 2019. S. 99–113 (in Rus.).
84. Mironyuk S.G., Roslyakov A.G., Ivanova A.A. i dr. Vyivleniye i podhody k analizu opasnosti i riska razryvnykh narusheniy pri inzhenerno-geologicheskikh izyskaniyakh na akvatoriyyah [Identification and approaches to the analysis of the danger and risk of faults in engineering-geological surveys in water areas] // Inzhenernyie izyskaniya. 2020. T. 14, № 1. S. 24–38 (in Rus.).
85. Assinovskaya B.A., Nahshina L.P. Nekotoryie problemy seismicheskogo rayonirovaniya akvatoriyy [Some problems of seismic zoning of water areas] // Seismicheskoe raionirovaniye shel'fa. Vladivostok: Izd-vo DVO AN SSSR, 1990. S. 130–138 (in Rus.).

86. Ivashchenko A.I., Kim Ch.U., Fedorishin M.S. Opredeleniye seysmicheskoy opasnosti na shel'fe [Determination of seismic hazard on the shelf] // Seysmicheskoye rayonirovaniye shel'fa. Vladivostok: Izd-vo DVO AN SSSR, 1990. S. 5–21.
87. Kuzin I.P. O seysmicheskom rayonirovanii shel'fov (na primere Ohotskogo morya) [On seismic zoning of shelves (on the example of the Sea of Okhotsk)] // Seysmicheskoye rayonirovaniye shel'fa. Vladivostok: Izd-vo DVO AN SSSR, 1990. S. 66–98 (in Rus.).
88. Vasil'ev Yu.I., Gvozdev A.A., Ivanova L.A. i dr. Mehanicheskiye svoystva myagkogo grunta v intervale napryazheniy do $(5\div 10)\times 10^5$ Pa ili 5–10 kg/sm² i vybor modeli grunta, opisyvayushchey yego povedeniye pri sil'nyh zemletryaseniyah [Mechanical properties of soft soil in the stress range up to $(5\div 10)\times 10^5$ Pa or 5–10 kg/cm² and the choice of a soil model that describes its behavior during strong earthquakes] // Seysmicheskoye mikroyonirovaniye. M.: Nauka, 1977. S. 121–129 (in Rus.).
89. Ostrovskiy A.B. Paleoseysmotektonicheskiye dislokatsii na Chernomorskom poberezh'ye Severo-Zapadnogo Kavkaza v svyazi s otsenkoy sovremennoy seysmicheskoy opasnosti etoy territorii [Paleoseismotectonic dislocations on the Black Sea coast of the Northwestern Caucasus in connection with the assessment of the current seismic hazard of this territory] // Kompleksnyie issledovaniya Chernomorskoj vpadiny. M.: Nauka, 1970. S. 46–58 (in Rus.).
90. Ovsyuchenko A.N., Novichihin A.M., Byhalova O.N., Rogozhin E.A., Korzhenkov A.M., Lar'kov A.S., Butanaev Yu.V., Lukashova R.N. Mezhdistsiplinarnoye datirovaniye Utrishskih seysmodislokatsiy: k lokalizatsii ochaga sil'nogo istoricheskogo zemletryaseniya na Zapadnom Kavkaze [Interdisciplinary dating of the Utrish seismic dislocations: to the localization of the source of a strong historical earthquake in the Western Caucasus] // Voprosy inzhenernoy seismologii. 2019. T. 46. № 3. S. 50–73 (in Rus.).
91. Mironyuk S.G., Kropotkin M.P. Vozmozhnyi mekhanizm i prichiny obrazovaniya utrishskih opolzney sushi i shel'fa (poluostrov Abrau) [Possible mechanism and reasons for the formation of Utrish land and shelf landslides (Abrau Peninsula)] // Materialy 2-y Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati chlena-korrespondenta RAN D.G. Matishova, «Zakonomernosti formirovaniya i vozdeystviya morskikh, atmosferynykh opasnykh yavleniy i katastrof na pribrezhnuyu zonu RF v usloviyah global'nykh klimaticheskikh i industrial'nykh vyzovov (Opasnyie yavleniya II)». 2020. S. 52–57 (in Rus.).
92. Gabsatarova I.P., Malyanova L.S., Selivanova E.A., Yakusheva V.N. Su-Psehskiye zemletryaseniye 10 dekabrya 2012 g. s $K_p=11.5$, $M_{Wreg}=4.3$, $I_{op}=5-6$ (Anapskiy seysmoaktivnyi rayon) [Su-Psekh earthquake on December 10, 2012 with $K_p=11.5$, $M_{Wreg}=4.3$, $I_{op}=5-6$ (Anapa seismically active region)] // Zemletryaseniya Severnoy Evrazii. Vypusk 21 (2012 g.). Obninsk: Izd-vo FITs EGS RAN, 2018. S. 420–432 (in Rus.).
93. Kucu I., Okamura M., Matsuoka H., Gokasan E., Awata Y., Tur H., Simsek M., Kecer M. Seafloor gas seeps and sediment failures triggered by the August 17, 1999 earthquake in the Eastern part of the Gulf of Izmit, Sea of Marmara, NW Turkey. Marine Geology, 2005, 215: 193–214.
94. Kitamura A., Tominaga E., Sakai H. Subaqueous sand blow deposits induced by the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake, Japan. Proceedings of the Paleoseismology Workshop, March 15, 1999, Tsukuba, Japan. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1440-1738.2002.00351.x>.
95. Dudarev O.V. Sovremenniy litomorfogenez na vostochno-arkticheskom shel'fe Rossii [Modern lithomorphogenesis on the East Arctic shelf of Russia]: avtoreferat dis... dok. geol.-miner. nauk. Vladivostok, 2016. 49 s. (in Rus.).
96. Field M.E., Jennings A.E. Seafloor gas seeps triggered by a northern California earthquake. Marine Geology, 1987, 77: 39–51.

Информация об авторе

МИРОНЮК СЕРГЕЙ ГРИГОРЬЕВИЧ

Старший научный сотрудник лаборатории грунтоведения и технической мелиорации грунтов кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, к. г.-м. н., доцент (инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение), г. Москва, Россия

Information about the author

SERGEY G. MIRONYUK

PhD (Geology and Mineralogy), assistant professor, senior researcher (Engineering Geology, Permafrost Studies and Ground Science) at the Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Telegram-канал журнала

Независимый электронный журнал
ГеоИнфо

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

<https://t.me/geoinfnews>



Институт
экологического
проектирования
и изысканий

- Информационное сопровождение управления ледовой обстановкой (ИСУЛО)
- Оперативный спутниковый экологический мониторинг
- Производственный экологический мониторинг
- Программы сохранения биоразнообразия



119234, г. Москва,
Ленинские горы, д. 1, стр. 75Г
Телефон: +7 (495) 930-8751
E-mail: info@iepi.ru

WEB: WWW.IEPI.RU