

Целью представленной ниже статьи является обзор основных потенциально опасных геологических явлений на ложе и шельфе Мирового океана, которые могут оказывать негативное воздействие на людей и объекты техносферы. В основу положен обширный опубликованный материал, а также данные экспедиционных исследований научного-исследовательского судна Геологического института РАН “Академик Николай Страхов”.

РЕАЛЬНЫЕ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ НА ЛОЖЕ, СКЛОНАХ И ШЕЛЬФЕ МИРОВОГО ОКЕАНА

А.О. Мазарович

Современные гидроакустические программно-аппаратурные комплексы, которые включают в себя мелко- и глубоководные многолучевые эхолоты, высокочастотные профилографы, сонары бокового обзора, телевизионные и донные мониторинговые системы и другое оборудование, выявляют всё новые и новые геологические явления в морях и океанах, которые представляют опасность для человека и его производственной деятельности.

Оценка реальных и потенциальных геологических опасностей и их последствий привлекают самое пристальное внимание учёных всего мира [1], которые активно исследуют подобные явления, происходящие преимущественно на суше или в береговых зонах [2]. Опасности, которые скрыты под водами Мирового океана, известны неизмеримо меньше. В России недавно вышла в свет монография, в которой отражены потенциальные опасности, связанные с вулканами, включая подводные, однако оценка их вероятного негативного воздействия отсутствует [3].

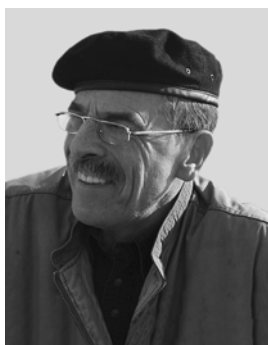
В самом общем виде реальные и потенциальные геологические опасности можно условно разделить на глобальные, региональные и локальные. *Глобальные* могут быть связаны с быстропротекающими вулканическими и сейсмическими

событиями, которые оказывают планетарное воздействие или охватывают регионы, сопоставимые по своим размерам с одним или более океанами. Например, грохот взрыва вулкана Кракатау (Западная Индонезия) 27 августа 1883 г. был слышен на Мадагаскаре (4800 км). Взрывная волна трижды обогнула Землю. Пепел выпал даже в Европе [4]. Существенно более мощным был взрыв вулкана прото-Кракатау в 535 г. [5]. Достаточно напомнить, что диаметр кальдеры последнего составляет примерно 48 км, а Кракатау — только 7 км.

Геологические опасности *региональной* группы могут охватывать крупные регионы — моря или группы морей. Известно, что такие события происходили примерно 8100 лет назад на Норвежской континентальной окраине в результате движения подводного оползня Сторегга [6]. Вызванное им цунами достигло берегов Шотландии, Исландии и Шпицбергена. Другим классическим примером стал взрыв вулкана Санторин в Эгейском море (между 1628 и 1500 г. до н.э.), который привёл к закату минойской цивилизации на о. Крит. Современное расстояние от его кальдеры до Минойского дворца составляет порядка 120 км.

Наконец, опасности *локальной* группы (оползни, крип и пр.) оказывают негативное геологическое влияние на инженерные сооружения, нефтепроводы и другие объекты техносферы в ограниченном районе.

Изложенная классификация представляется достаточно примитивной, поскольку не учитывает таких обстоятельств, как временной фактор или наложение случайных событий. В частности, таяние вечной мерзлоты под акваториями Арктики может перевести термоабразивные и термокарстовые явления из локальной категории в региональную или даже в глобальную. Более того, любое геологическое явление влечёт за собой целую череду отрицательных процессов, которые, аккумулируясь, увеличивают непредсказуемое воздействие на деятельность человека. Примером



МАЗАРОВИЧ Александр Олегович — доктор геолого-минералогических наук, заместитель директора Геологического института РАН, заведующий лабораторией геоморфологии и тектоники дна океанов.

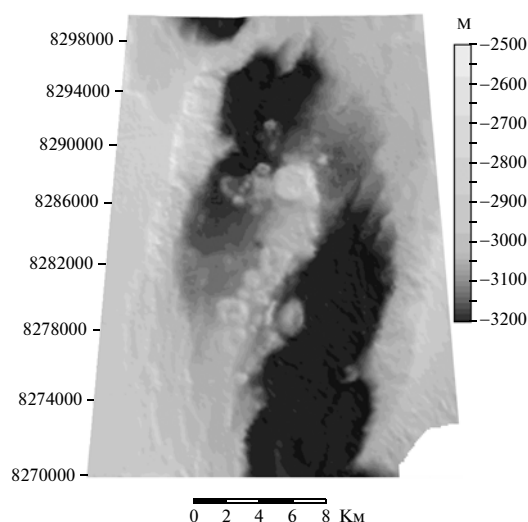


Рис. 1. Подводные вулканы в одной из частей рифта хребта Книповича (по данным 24-го рейса НИС “Академик Николай Страхов”, 2006 г.). UTM 32, м

может служить цепь событий на атомной электростанции “Фукусима” (Япония): землетрясение—цунами—разрушение сооружений—радиоактивное заражение территории и т.д.

Определённая информация о геологических рисках на морских побережьях Российской Федерации была опубликована в виде цветных карт масштабом 1 : 5 млн. и 1 : 7.5 млн. [2]. Авторами учитывались только такие геологические процессы, как оползни, сели, землетрясения, термокарстовые и карстовые явления и некоторые другие. Вместе с тем шельф и пространства за пределами его кромки остались практически без внимания.

Многие страны уже начали не только разрабатывать, но и реализовывать национальные программы по выявлению подводных геологических опасностей. В частности, в Италии создан и финансируется проект MaGIC (Marine Geohazards along the Italian Coast) [7], конечной целью которого будет создание карт геологических опасностей в ряде акваторий Италии в масштабе 1 : 50000 (72 листа).

Ниже представлен обзор основных геологических опасностей для техносферы.

Вулканизм. Действующие, активные и потенциально опасные вулканы расположены в островных дугах, рифтовых зонах (о. Исландия) или около них (о. Буве), а также на флангах срединно-океанических хребтов (о. Тристан да Кунья). Все они занесены в мировые базы данных. Информация о любых событиях (извержения, выбросы пепла и пр.) регулярно публикуется.

Закономерности формирования вулканических сооружений в пределах подводных частей островодужных систем, на шельфах и на ложе Мирового океана изучены намного хуже. Как пример можно привести открытие на глубине 410 м

на западном склоне давно известного подводного вулкана Дайкоку (Daikoku) (северная часть Марианской дуги) “котла” с расплавленной серой, температура которой достигает 187°C [8].

Действующие, активные и четвертичные подводные вулканы известны в разных тектонических зонах Мирового океана. Например, “подводные извержения в Атлантическом океане были замечены в 1833 и 1838 годах, в той его полосе, которая лежит между 20° и 22° западной долготы и на полградуса к югу от экватора” [9, с. 181]. Этот район соответствует северу активной части разлома Романш (Атлантический океан). В пределах северо-западной части шельфа Южно-Китайского моря и на его островах установлены районы, в которых проявлялся позднемиоцен — современный подводный вулканизм. Имеются достоверные данные об извержениях подводного вулкана Иль де Сандр в 1923 г. около побережья Вьетнама, а также в вулканическом поле Хайнань Дао на севере о. Хайнань в 1933 г. Существуют сведения об активности подводных вулканов Курильской и Алеутской островных дуг, например, подводного вулкана Пийпа, который расположен в 70 км к северо-востоку от о. Беринга в Командорской котловине [10]. Подводные действующие вулканические сооружения также широко представлены в пределах морей в юго-западной части Тихого океана, наиболее активный из которых — вулкан Кавачи — находится около Соломоновых островов.

Негативное воздействие подводных вулканов не ограничивается излияниями лавы или взрывами. Немало вреда наносят выбросы вулканического пепла, которые, в частности, нарушают авиационное сообщение (извержения вулканов в Исландии и Чили в 2010–2011 гг.). Меньше внимания уделяется возникновению в некоторых регионах Мирового океана (южная часть Тихого океана, о. Тонга, 2006 г.) обширных площадей, покрытых плавающей пемзой, в пределах которых могут возникать проблемы с водоснабжением судов при работе опреснителей или иные технические трудности. Прогноз вулканической деятельности в потенциально опасных районах и улучшение оперативного оповещения судов любого класса стали насущной необходимостью.

Особую категорию геологических сооружений составляют многочисленные вулканы в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов (рис. 1). Их точное количество до сих пор не установлено. Они сложены базальтами и сосредоточены в неовулканических зонах, где могут формироваться хребты высотой до сотен метров и километровой протяжённостью. В ряде рифтовых долин формируются лавовые озёра или экструзивные купола. Вулканы могут слагать отдельные изолированные постройки с диаметром основания до сотен и высотой до десятков метров, которые иногда образуют протяжённые цепи. Многие из них имеют кратеры. Периодичность деятельности оценивается

в тысячи лет, однако неизвестно, когда и где может начаться очередное подводное извержение. Внезапная активизация той или иной постройки вблизи линии подводного кабеля или технических устройств потенциально может привести к нежелательным последствиям (передавливание потоком лавы, активизация обрушения склонов и пр.), поэтому потенциальное вредное воздействие вулканизма должно учитываться при проведении инженерных работ в областях срединно-океанических хребтов.

Грязевые вулканы. Подводные грязевые вулканы давно обнаружены в Каспийском, Чёрном, Азовском и Средиземном морях [9]. Их активность установлена также около побережий Южной Америки, Сахалина и на территории Индонезии. Относительно недавно они были найдены на западе Баренцева моря (вулкан Хаскон Мосби) [19], в заливе Кадис, западнее Гибралтарского пролива и во многих других регионах Мирового океана.

В акваториях грязевые вулканы могут формировать крупные постройки с максимальным известным диаметром порядка 15 км, достигая высоты в сотни метров. Их извержения сопровождаются выбросами газа и извержениями сопочных брекчий. Эти явления представляют очевидную опасность для подводных аппаратов и инженерных сооружений.

Сейсмичность. Общие закономерности распределения эпицентров землетрясений хорошо известны. Они сконцентрированы в коллизионных зонах, осевых частях срединно-океанических хребтов и активных зонах трансформных разломов. Сильные землетрясения магнитудой $M = 5$ и более в пределах субдукционных зон могут вызывать катастрофические явления на побережьях вследствие прямого воздействия и вызванных ими цунами. В настоящий момент, к сожалению, точный и долгосрочный прогноз развития этих событий невозможен.

Существенно меньше известно о слабых землетрясениях и микросейсмичности на шельфах и ложе Мирового океана в рифтовых зонах и за пределами границ плит ("внутриплитные" события). Вместе с тем эти явления могут вызывать разгерметизацию уплотнений или муфт нефте- и газопроводов, разрыв оптоволоконных кабелей, нарушения иных инженерных сооружений. Слабая сейсмичность тесно связана с необходимостью картирования активных разломов в пределах шельфов и континентальных склонов Евразии, движения по которым могут со временем разрушить инженерные сооружения. Это особое направление, которое требует планомерных вторичных комплексных экспедиционных исследований на шельфах Российской Федерации. Необходимо обобщать уже полученные данные и планомерно изучать слабые землетрясения и

микросейсмичность, основываясь на оригинальных данных отечественной сети сейсмостанций и современных мониторинговых систем.

Гравитационные явления. В разных районах Мирового океана широко развиты процессы перемещения масс осадочного материала вниз по склонам, что представляет реальную угрозу для береговых зон, подводных инженерных сооружений и аппаратов. Интенсивность этих процессов зависит от крутизны склонов, скорости осадконакопления и сейсмичности. Гравитационные явления можно разделить на следующие группы.

Мутьевые потоки (суспензионные потоки, турбидные течения) характеризуются повышенной плотностью за счёт обогащения воды взвесью. Они давно известны в районах континентальных склонов и могут перемещаться с большими скоростями на сотни километров, вызывая обрывы кабелей. При этом происходит не только перенос осадочного материала, но и эрозия океанического дна. Подобное событие, которое произошло 19 ноября 1929 г. в районе Большой Ньюфаундлендской банки, вошло во многие учебники как хрестоматийный пример.

Обломочные потоки представляют собой движущуюся массу обломков пород и фрагментов осадочного чехла, в которой больше половины частиц крупнее песчаной размерности. Медленные обломочные потоки могут двигаться со скоростью менее 1 м/год; скорость быстрых потоков достигает 160 км/ч. Они широко известны на суше, например, в марте 2009 г. их массовое возникновение произошло в результате землетрясения в провинции Сычуань (Китай). Подобные процессы установлены и на склонах некоторых глубоководных впадин. На западе Средиземного моря в 1995 г. обломочные потоки были выявлены на склоне Эбро на глубинах от 600 до 2000 м [11]. Они покрывают площадь в 2000 км², их объём превышает 26 км³.

Подводные обвалы происходят на крутых склонах – в рифтовых долинах или в каньонах. Их появление достоверно установлено в подводном каньоне Заир (восточная часть Атлантического океана) на удалении до 400 км от берега при глубине воды до 4000 м. В результате обвалов формируются осыпи, сложенные угловатыми обломками метрового размера. Судя по широкому развитию осыпей в рифтовых долинах срединно-океанических хребтов и трансформных разломах, потенциальная опасность таких явлений должна учитываться при размещении технических устройств или работе подводных аппаратов.

Оползни часто встречаются как на побережьях, так и на континентальных склонах всех океанов. Они могут иметь огромные объёмы (20000 км³), высокие скорости смещения и преодолевать большие расстояния (800 км), покрывая колоссальные площади (215000 км²). В настоящий

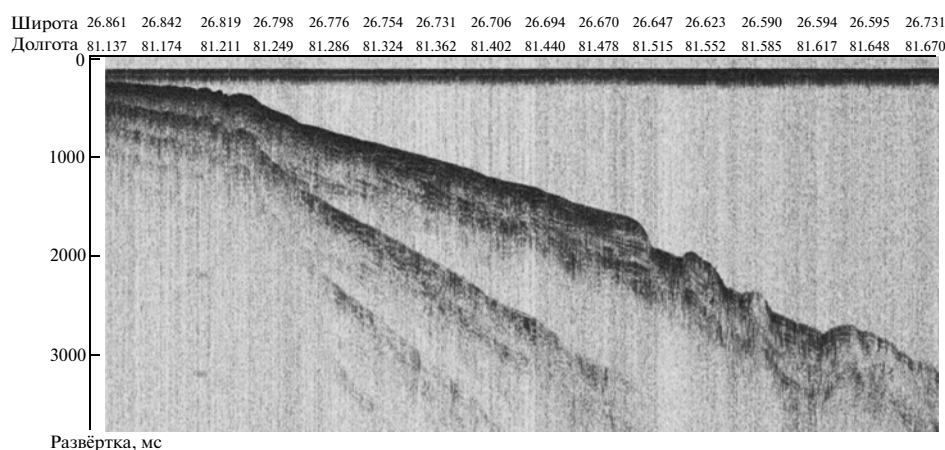


Рис. 2. Подводные оползни на континентальном склоне Северного Ледовитого океана (по данным 25-го рейса НИС “Академик Николай Страхов”, 2007 г.)

момент такие образования найдены во многих районах Атлантического (Марокко, Мавритания, Северная Америка, Скандинавия) и Тихого (Алеутские острова, Калифорния) океанов, в ряде других мест. Один из таких оползней (мощность порядка 500 м, амплитуда перемещения 65 км) произошёл 1 апреля 1946 г. на востоке Алеутской дуги и вызвал катастрофическое цунами на о. Угамак с высотой волны более 40 м [12]. Недавно подводные оползни были обнаружены и около российского сектора Арктики (рис. 2).

Гравитационные явления проявляются и за пределами континентальных склонов. Вулканические сооружения представляют опасность не только во время извержений, но и через миллионы лет после них. В настоящий момент в мировой литературе опубликован ряд примеров, которые свидетельствуют о том, что на многих вулканических постройках (островах и подводных горах) в разных частях Мирового океана происходили резкие обрушения склонов. Подобные процессы установлены и ожидаются на Канарских, Гавайских и многих других островах. Объёмы оползневых тел, сформированные за последние 200–300 тыс. лет, около о. Гиерро (Канарские о-ва), достигают 450 км³ [13].

Крип представляет собой медленное и постоянное сползание неконсолидированных частей осадочного чехла по склонам. Для деформаций крипа характерно постоянство форм складок, их асимметрия и довольно плоская сводовая часть. Исследованные волнообразные структуры имеют чёткую асимметричную форму, а их размеры закономерно уменьшаются вниз по склону. Крип известен во многих районах Мирового океана, а также в Каспийском море [14]. Его возможное воздействие обязательно должно учитываться при возведении инженерных сооружений.

Процессы, которые возникают под действием гравитационных сил, представляют реальную угрозу как для человека, так и для береговых и подводных инженерных сооружений и подводных аппаратов. Необходим анализ состояния вулканических подводных и островных голоценовых или более древних вулканических сооружений с точки зрения их потенциальной опасности (устойчивость построек), а также анализ состояния склонов. Исследования должны базироваться на экспедиционных работах и проводиться не только в пределах Курильской и Алеутской островных дуг, но и в регионах, которые представляют стратегический интерес для Российской Федерации. Необходимо картирование склонов с целью выявления гравитационных процессов и их классификации по степени реального или потенциального вредного воздействия на деятельность человека и работу технических средств.

Области разгрузки газов и флюидов. Во многих регионах Мирового океана происходит просачивание, разгрузка, фильтрация жидкостей (углеводороды, рассолы и пр.) или газов (метан и пр.). Эти процессы были открыты относительно недавно, однако их продолжительное температурное и химическое воздействие (бактериальные маты, повышенные концентрации тех или иных элементов) может иметь негативное влияние на инженерные сооружения и подводные аппараты.

Активные гидротермальные системы были открыты в 1977 г. в Галапагосском рифте (восток Тихого океана). Они представляют собой выходы высокоминерализованных растворов, обычно с температурами до 370°C [15]. Недавно в Атлантическом океане на экваторе на глубине 2990 м обнаружены “чёрные курильщики” с температурой до 407°C [16]. В настоящий момент активные гидротермальные системы открыты на дне и на бор-

тах рифтовых зон, а также в окраинных морях (Бисмарка, Фиджи, Терренском и др.).

Известно, что в 22-м рейсе научно-исследовательского судна (НИС) «Академик Мстислав Келдыш» (1990) проводились исследования упомянутого выше подводного вулкана Пийпа: «Судя по вспениванию пластикового покрытия лыжи аппарата «Мир», попавшей в струю разбавленного флюида, его температура значительно превышает 100°C. При проведении манёвра над «факелом» наблюдателями отмечалось увеличение температуры внутри обитаемого отсека ГОА (глубоководный обитаемый аппарат – А.М.) «Мир» на 4°C» [10].

Газовые фонтаны связаны с подводными вулканами, включая грязевые, с горизонтами газогидратов, с месторождениями или скоплениями углеводородов, а также с другими источниками, природа которых не всегда понятна. В составе газов преобладает, как правило, метан. Струи газа высотой до 850 м и шириной до 400 м обнаружены в Чёрном, Охотском, Баренцевом и других морях, в Атлантическом океане (в Ангольской котловине, западнее о. Шпицбергена и др.) (рис. 3). Во время проведения исследований с борта НИС «Вулканолог» в районе Большой Курильской гряды (бухта Кратерная, о. Янкича, на подводном вулкане Крылатка и в пределах вулканического массива Чёрных Братьев) были обнаружены аналогичные явления, которые связывают с подводной газогидротермальной активностью.

Выделение газов может приводить к сбоям в работе акустических систем, эхолотов, разуплотнению воды и к иным негативным последствиям. В результате на дне могут формироваться газовые воронки – депрессии кратерообразной формы в донных отложениях. Иногда они образуют обширные поля. Эти явления были открыты около восточного побережья Канады в 1970 г., их диаметр достигает 1500 м, а глубина 150 м. Очевидно, что любая инженерно-техническая деятельность (установка буровых платформ, работа аппаратов на дне и пр.) в районах развития газовых воронок требует предварительного тщательного анализа геологической ситуации.

Соленосные комплексы найдены в акваториях Мексиканского залива, Северного, Средиземного, Баренцева и Каспийского морей, ряде районов Западной Африки. Они имеют различные мощность и возраст (от девонского до миоценового). Однако на дне вредное воздействие растворов, насыщенных солями, проявляется одинаково в виде эрозионных процессов, которые приводят к формированию подводных каналов, накоплению рассолов во впадинах диаметром до нескольких километров и с глубинами до сотен метров (Средиземное море, Мексиканский залив) [17], а также устойчивых областей подъёма вод с повышенными концентрациями агрессивных химических элементов. Помимо этого, медленный рост солянокупольных структур вызывает

Широта	30917.398	30412.100	25906.25	25358.809	24851.479
Долгота	794336.563	794415.375	794454.188	794533.063	794611.563

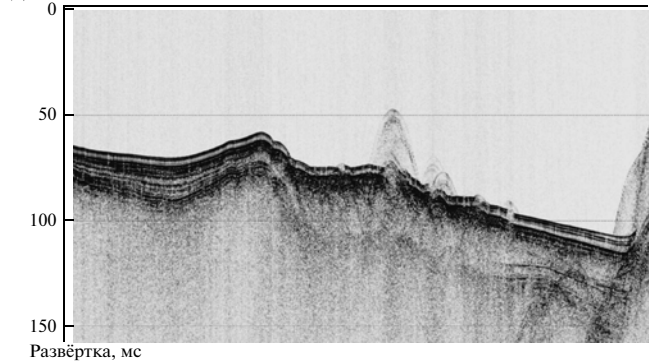


Рис. 3. Акустическое изображение разгрузки флюидов в водную толщу. Север Гренландского моря (координаты – ГрадМинСек с десятичной долей). Образец записи 3.5 кГц профилографа EdgeTech 3300 (по данным 24-го рейса НИС «Академик Николай Страхов», 2006 г.)

ет дестабилизацию склонов, что повышает вероятность схода оползней. В зависимости от геологической обстановки в регионах, в которых развиты соленосные толщи, интенсивность негативного влияния может существенно изменяться.

Газогидраты. Эти кристаллические соединения, похожие на лёд, образуются при определённых термобарических условиях из воды и газа, обычно метана. Они выявлены во всех океанах на глубинах до 500 м [18]. Газогидраты фиксируются как сейсмическими методами (так называемая граница BSR), так и прямыми геологическими наблюдениями по формированию газогидратных холмов или прослоев в толще осадков. Газогидратные горизонты могут инициировать газовые факелы, а также приводить к дестабилизации склонов. В свою очередь, сход оползня нарушает установившееся равновесие температура–давление, что способствует внезапному выбросу газа или даже всплыванию верхних частей осадочного чехла. Изменения уровня океана по тем или иным причинам могут также вызвать резкую «разгрузку» метана в атмосферу, что чревато катастрофическими последствиями для биосферы на планетарном уровне.

Воздействие шельфового льда и айсбергов. Исследования многих организаций разных стран доказали, что в высоких широтах айсберги и шельфовые ледники, если толщина льда превышает глубину моря, оказывают активное воздействие на дно океана в виде борозд выпаживания или формирования серповидных валов, которые формируются переддвигающимся айсбергом на дне моря. Мощность современных айсбергов составляет от 500 (антарктические) до 300 м (гренландские). Установленные в ходе 26-го рейса НИС «Академик Николай Страхов» юго-восточнее Шпицбергена следы килей айсбергов (рис. 4) на глубинах до 600 м могут предполагать либо воз-

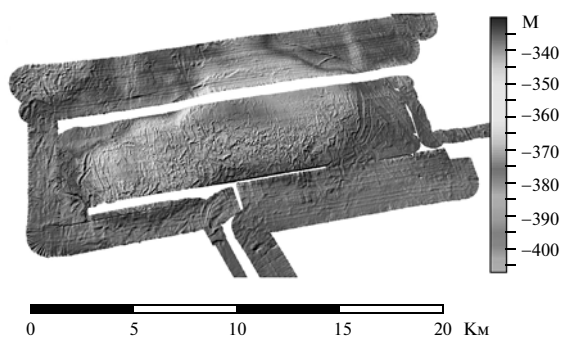


Рис. 4. Следы выпаживания дна айсбергами на юге жёлоба Франц-Виктория Баренцева моря (по данным 25-го [20] и 27-го рейсов НИС “Академик Николай Страхов”, 2007, 2010 гг.)

действие неотектонических процессов, либо неизвестные изменения уровня моря или увеличение мощности ледникового покрова [20]. Исследования этого процесса нуждаются в картировании всех арктических (антарктических) шельфов с последующим анализом направлений борозд выпаживания или иных признаков воздействия льда.

* * *

Настоящий обзор не является полным. Формирование песчаных волн, эволюция вечной мерзлоты под водой, активность разломов и другие явления не рассмотрены в силу ограниченного объёма статьи. Вместе с тем очевидно, что шельф, склоны и ложе Мирового океана скрывают многочисленные опасности, связанные с геологическими процессами, выявление и изучение которых сопряжено с огромными затратами, необходимыми для функционирования научного флота, подготовки кадров и разворачивания подводных мониторинговых сетей. Эти опасности практически не исследованы и могут привести в любой момент к гибели людей или к тяжёлым экономическим последствиям на локальном, региональном или глобальном уровнях. Сложность предсказания негативных явлений обусловлена слабой изученностью площадного распространения источников опасностей и, как правило, их природой. Для России это усугубляется практически полным уничтожением геологического научно-исследовательского флота (последние НИС были построены в начале 1990-х годов) и отсутствием квалифицированного персонала.

Представляется, что решение данной проблемы предполагает обобщение данных обо всех потенциально опасных геологических явлениях на шельфах и ложе Мирового океана, а также получение новой информации. Требуется создать базу данных известных и потенциальных опасностей, которая может послужить основой для формирования соответствующего ГИС-проекта. Для получения новой информации необходимо проведение целенаправленных экспедиционных морских

работ, которые должны обеспечить получение объективной информации о строении дна тех или иных регионов Мирового океана. В результате должны быть созданы карты “Геологические опасности морей Российской Федерации” в масштабе 1 : 1 млн. км и “Геологические опасности Мирового океана” в масштабе 1 : 10 млн. км. Обе карты следует сопроводить объяснительными записками, содержащими развёрнутый анализ геологических ситуаций, которые приводят или потенциально могут привести к возникновению угрозы для жизни людей или состояния технических средств.

Автор выражает благодарность за конструктивные замечания академиком Ю.Г. Леонову и М.А. Федонкину, а также сотрудникам лаборатории геоморфологии и тектоники дна океанов Геологического института РАН Г.В. Агаповой, С.Ю. Соколову и Н.Н. Турко.

Статья написана при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 23 “Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология” Проект 8.8. Геологические опасности на ложе и шельфе Мирового океана: природа и возможности прогноза в интересах хозяйственной деятельности Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трифонов В.Г., Караханян А.С. Геодинамика и история цивилизаций / Отв. ред. Леонов Ю.Г. // Труды ГИН РАН. Вып. 553. М.: Наука, 2004.
2. Геология и полезные ископаемые шельфов России / Гл. ред. Алексеев М.Н. М.: Научный мир, 2004.
3. Новейший и современный вулканизм на территории России / Отв. ред. Лавёров Н.П. М.: Наука, 2005.
4. costinform.ru/publ/obrazovanie_i_obuchenie/krakatau_poslednie_dni/61-1-0-54.
5. Wohletz K.H. Were the Dark Ages triggered by volcano-related climate changes in the 6th century? // EOS Trans. Amer. Geophys. Union. 2000. V. 81. № 48.
6. Micallef A., Masson D.G., Berndt C., Stow D.A.V. Development and mass movement processes of the north-eastern Storegga Slide // Quaternary Science Reviews. 2008. doi:10.1016/j.quascirev.2008.09.026
7. Casalbore D., Ridente D., Bosman A., Chiocci F.L. The Italian MaGIC Project. A First-order Geohazard Assessment by Means of Regional Seafloor Mapping // Hydro International. 2011. V. 15. № 3.
8. Embley R.W., Murphy K.M., Foz C.G. High-Resolution Studies of the Summit of Axial Volcano // J. Geophys. Res. 1990. V. 95. № B8.
9. Иностранцев А.А. Геология. Общий курс. Т. I. Современные геологические явления (динамическая геология). Петрография и стратиграфия. С.-Пб.: Типография М. Стасюлевича, 1899.
10. Селивёрстов Н.И. Геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ им. Витуса Беринга, 2009.
11. Lastras G., Canals M., Hughes-Clarke J.E. et al. Seafloor imagery from the BIG’95 debris flow, western Mediterranean // Geology. 2002. V. 30. № 10.
12. Fryer G.J., Lincoln P.W., Pratson F. Source of the great tsunami of 1 April 1946: a landslide in the upper Aleu-

- tian forearc // *Marine Geology*. 2004. V. 203. P. 201-218. (www.elsevier.com/locate/margeo)
13. *Krastel S., Wynn R.B., Hanebuth T.J.J. et al.* Mapping of seabed morphology and shallow sediment structure of the Mauritania continental margin, Northwest Africa: some implications for geohazard potential // *Norwegian Journal of Geology*. 2006. V. 86. P. 163-176.
 14. *Мерклин Л.Р., Левченко О.В., Путанс В.А.* Осадочные волны, гравитационные оползни, подводные каньоны на дне Каспия и их потенциальное воздействие на транскаспийские трубопроводы // *Трубопроводный транспорт (теория и практика)*. 2009. № 2.
 15. *Богданов Ю.А.* Гидротермальные рудопроявления рифтов Срединно-Атлантического хребта. М.: Научный мир, 1997.
 16. *Stafford N.* Record hotspot found underwater // *Nature*. 2006. V. 5. № 31. (news.nature.com/news/2006/060522/060522-15.html)
 17. *Joye S.B., MacDonald I.R., Montoya J.P., Peccini M.* Geophysical and geochemical signatures of Gulf of Mexico seafloor brines // *Biogeosciences*. 2005. V. 2. P. 295-309.
 18. *Buffett B.A., Zatsepina O.Y.* Formation of gas hydrate from dissolved gas in natural porous media // *Marine Geology*. 2000. V. 164. P. 69-77.
 19. *Hjelstuen B.O., Eldholm O., Faleide J.I., Vogt P.R.* Regional setting of Haskon Mosby Mud Volcano, SW Barents Sea margin // *Geo-Marine Letters*. 1999. V. 19. P. 22-28.
 20. *Зайончек А.В., Брекке Х., Соколов С.Ю. и др.* Строение зоны перехода континент-океан северо-западного обрамления Баренцева моря (по данным 24, 25 и 26-го рейсов НИС "Академик Николай Страхов", 2006—2009 гг.) / *Строение и история развития литосферы. Вклад России в Международный полярный год. Т. 4.* М.: Paulsen, 2010.