

КАРТА ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (ОГП) НА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ ШЕЛЬФЕ И В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ РАБОТ ПО УТОЧНЕНИЮ КАРТЫ ОГП НА ШЕЛЬФЕ САХАЛИНА

Рыбалко А.Е., Щербаков В.А., Захаров М.С., Иванова В.В., Слинченков В.И., Локтев А.С., Беляев П.Ю., Голосной А.С.

ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

В течение 2020 г. во ВНИИОкеангеология шло составление карты опасных геологических процессов в экономической зоне Российской Федерации масштаба 1:5000000. Была проведена классификация этих процессов, дано их описание и географическая привязка. Для уточнения характера развития ОГП в прибрежной зоне о-ва Сахалин в 2020 году на 10 ключевых участках были проведены полевые работы. Они позволили установить, что здесь основными ОГП являются выделение газов, литодинамические процессы, а также активизация разломов.

Ключевые слова: *шельф, дальневосточные моря, опасные геологические процессы, о-в Сахалин, газы в донных осадках, газогидраты, гравитационные процессы*

В течение 2020 г. во ВНИИОкеангеология шло составление карты опасных геологических процессов в экономической зоне Российской Федерации масштаба 1:5 000 000. Материалы для этой карты брались как из собственных материалов авторов, полученных в ходе проведения мониторинга опасных геологических процессов в прибрежно-шельфовой зоне Японского моря и на Курильских островах, так и из литературных источников и картографических материалов государственных геологических карт масштаба 1:1 000 000. Летом 2020 года в прибрежной зоне о-ва Сахалин на 10 ключевых участках были проведены полевые работы в рамках указанного выше мониторинга. Эти материалы и послужили основой для настоящего сообщения.

Опасные геологические процессы (ОГП) попали в поле зрения геологов относительно недавно, когда начался процесс освоения морского дна с точки зрения строительства на ней различной инфраструктуры (оптоволоконных кабелей, инженерных сооружений нефтегазовой отрасли, в том числе трубопроводов и пр.). В последние годы большое внимание они привлекали у организаций, занимающиеся поиском и разведкой нефтяных и газовых месторождений. Впервые региональное картографирование зон распространения ОГП на шельфе было предпринято при составлении инженерно-геологической карты Арктического шельфа РФ [Рыбалко и др., 2020], а в прошлом году была создана первая версия «Карты опасных геологических процессов Арктического шельфа РФ». В этом году, по программе ежегодного мониторинга геологической среды были проведены работы в прибрежной зоне Сахалина на 10 ключевых участках.

Дальневосточный шельф и прилежащая часть экономической зоны РФ, включают кроме шельфа также континентальные склоны, часть Алеутского и Курило-Камчатского желоба, участок океанической абиссали и практически всю подводную территорию Татарского рифта. Основными опасными геологическими процессами для рассматриваемого участка шельфа являются:

- наличие газонасыщенных осадков интервалов с аномально высоким пластовым давлением (АВПД);
- подводное гидратообразование;
- сейсмичность района работ;
- современные геодинамические процессы (в том числе активизированные разрывные нарушения и смещения по ним);
- склоновые (гравитационные) процессы

- цунами
- литодинамические процессы: вдольбереговой и поперечный перенос взвесей с формированием подвижных баров и подводных валов,
- активные абразионные процессы в береговой зоне;
- эрозия, выходы коренных пород, неоднородность грунтового основания, валуны и поля валунов, тиксотропия грунтов и неравномерные осадки
- наличие многолетнемерзлых пород (только на севере Берингова и Охотского моря);

Залежи газа в верхней части четвертичного разреза (ВЧР) представляют высокую опасность при проведении буровых работ, особенно в условиях ограниченного пространства морских платформ. Если большинство зон аномально высоких пластовых давлений (АВПД) в северных морях связано с мерзлотными процессами, то на Дальнем Востоке они четко приурочены к зонам разломной тектоники или связаны непосредственно с нефтегазовыми залежами. Именно этим объясняется, что на ДВ шельфе фактически обнаружены проявления газогидратов [Рыбальченко и др., 2017], а перспективные площади их обнаружения выделяются по соотношениям глубины и пластовых давлений [Матвеева, Соловьев, 2003] и расположены на значительной площади Охотского моря. Установлено, что индикаторами наличия поверхностных газогидратов в осадках Татарского трога являются газовые факела в нижней и верхней частях его восточного склона. Подводящими каналами для метановых высачиваний на склоне являются разломы. Метан в местах газовых высачиваний поступает из глубинных резервуаров, а не является результатом разложения газогидратов.

Сейсмотектоника дальневосточных морей представляет одну из наиболее серьезных опасностей для развития освоения дна шельфовых морей. Так, остров Сахалин с прилежащим шельфом практически весь относится к территории чрезвычайной сейсмической опасности, за исключением крайнего юго-восточного участка, относящегося к весьма опасным. Наиболее опасными являются сейсмотектонические процессы в Курило-Камчатском районе. Основное развитие здесь имеют коровые землетрясения, фокусы которых расположены на глубинах от 0 до 40 км. Эти землетрясения интенсивностью более 6 баллов образуют непрерывную цепочку с внешней стороны Курильских островов и п-ва Камчатка. При этом, сейсмичность западного сектора Алеутской дуги обусловлена исключительно мелкофокусными землетрясениями, гипоцентры которых крайне редко фиксируются на глубинах более 40-50 км.

К числу наиболее опасных вторичных эффектов землетрясений относятся разжижение грунтов и цунами. Разжижаются в основном пески мелкие рыхлые, пески средней плотности, песок пылеватый средней плотности и среднекрупный песок средней плотности. Мощность разжижаемых грунтов достигает 3–4 м. Наличие таких песков у северо-восточного побережья Сахалина, где сосредоточено много крупных нефтегазовых залежей, разрабатываемых в настоящее время, создает серьезную угрозу их безопасности.

С проблемой сейсмотектоники тесно связана и проблема вулканизма, в том числе и подводного вулканизма. В пределах Курильской островной дуги по данным SVERT выделено 116 подводных вулканов четвертичного возраста [Авдейко и др., 1992: Бондаренко, Рашидов, 2018]. Наиболее характерной чертой пространственного положения вулканов является их концентрация в цепочки, косо, под разными углами, ориентированными относительно общего простирания дуги [Авдейко и др., 1992].

С сейсмотектоническими процессами тесно связана и еще одна группа – гравитационные процессы. Они развиты как в береговой зоне, где представляют реальную опасность для существования береговой инфраструктуры, так и на континентальном склоне. Именно здесь сейсмолчки являются триггерами для перемещения больших блоков как осадочных образований, так и коренных пород вниз по склону, а также возникновению зерновых потоков, в том числе турбидитов, которые, в свою очередь, активно эродировать этот склон, образуя причудливую сеть каньонов. Все это приводит к формированию очень сложно построенного рельефа таких склонов (Рис. 1).

Цунами, как и гравитационные процессы, относятся к экзогенным геологическим процессам, но причина их возникновения связана как с эндогенными, так и экзогенными факторами.

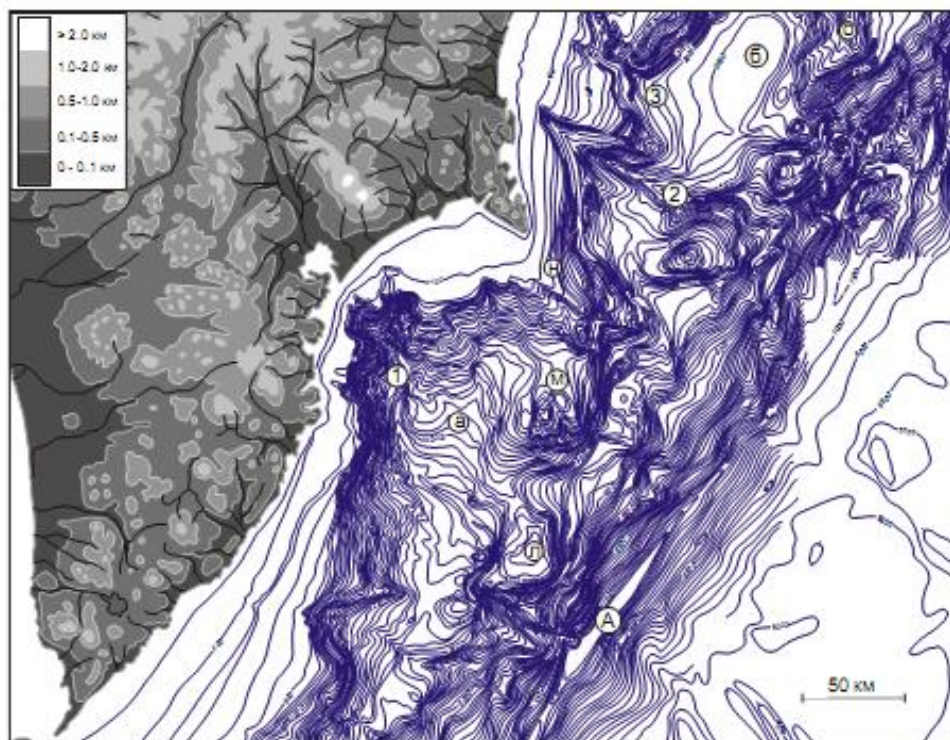


Рис. 1. Рельеф дна Авачинского залива, его обрамления и прилегающего участка Курило-Камчатского глубоководного желоба, [Сильвестров, 2008].

Для дальневосточного побережья России опасными удаленными цунамигенными зонами являются районы, примыкающие к Тихоокеанскому побережью Северной и Южной Америки. Выделяют следующие основные причины ущерба от цунами:

- высокая плотность населения на побережьях;
- механическое воздействие на постройки плавающими обломками, предметами и ледяными образованиями;
- размыв грунтов основания сооружений от быстро текущей воды;
- колебания уровня воды (прежде всего, приводящие к повреждению судов, пришвартованных к причалам);

Наибольшая опасность воздействию цунами отмечается для Курильских островов и побережья Камчатки, где волна может достигать высоты до 10 м. Для побережья Сахалина цунамиопасность можно квалифицировать как умеренную. Статистические оценки говорят о возможности появления цунами с высотами, превышающими 1,2 м, раз в 50 лет, высотами > 1,6 м раз в 100 лет и высотами > 2,7 м раз в 500 лет. В тоже время цунамигенной зоной для восточного Сахалина является западный склон Курильской гряды, где возможны крупнейшие обвалы-оползни, которые также могут спровоцировать цунами до 5-8 м

Литодинамические процессы наиболее активно проявлены в прибрежной зоне, где соединяется воздействие волнения и вдольбереговых течений различной природы. Вокруг Сахалина и многих других берегов Тихоокеанского побережья России развиты абразионные и аккумулятивно-абразионные равнины с транзитным характером осадконакопления. Все это заставляет принимать специальные меры при проектировании любых инженерных сооружений в береговой зоне и очень тщательно относиться к проведению инженерно-геологических изысканий.

Наряду с опасными процессами и явлениями необходимо в каждом случае тщательно рассматривать наличие палеодолин, как на поверхности, так и в разрезе из-за наличия неоднородного грунта, скопления валунов в приповерхностной части разреза, а в северных районах Охотского и Берингова моря свою роль начинают играть мерзлотные процессы.

Дальневосточные моря в настоящее время являются ареной развития различных работ, связанных с нефтеуглеводородами. Наиболее активно эти процессы развиваются на северо-восточном шельфе Сахалина, где ведется активное извлечение их из недр. Эти обстоятельства способствовали переориентации работ ВНИИОкеангеологии с 2020 года по проведению Государственного мониторинга опасных экзогенных геологических процессов из залива Петра Великого на прибрежно-шельфовую область Сахалина. Первоначально эти работы выполнялись на южном побережье острова, на 10 ключевых участках, охватывающих все многообразие седиментационных обстановок: от сугубо абразионных до аккумулятивных с ласковыми морем и пляжами. Работы выполнялись с двух моторных лодок, на одной из которых были установлены эхолот и локатор бокового обзора, а с другой осуществлялся пробоотбор малым ковшом и драгой (донные осадки) и батометром (придонные воды). Точки для отбора проб выбирались по данным геофизического профилирования, где, в первую очередь, фиксировались «факелы», образованные предполагаемыми выходами газифлюидов из грунта в воду (Рис. 2).

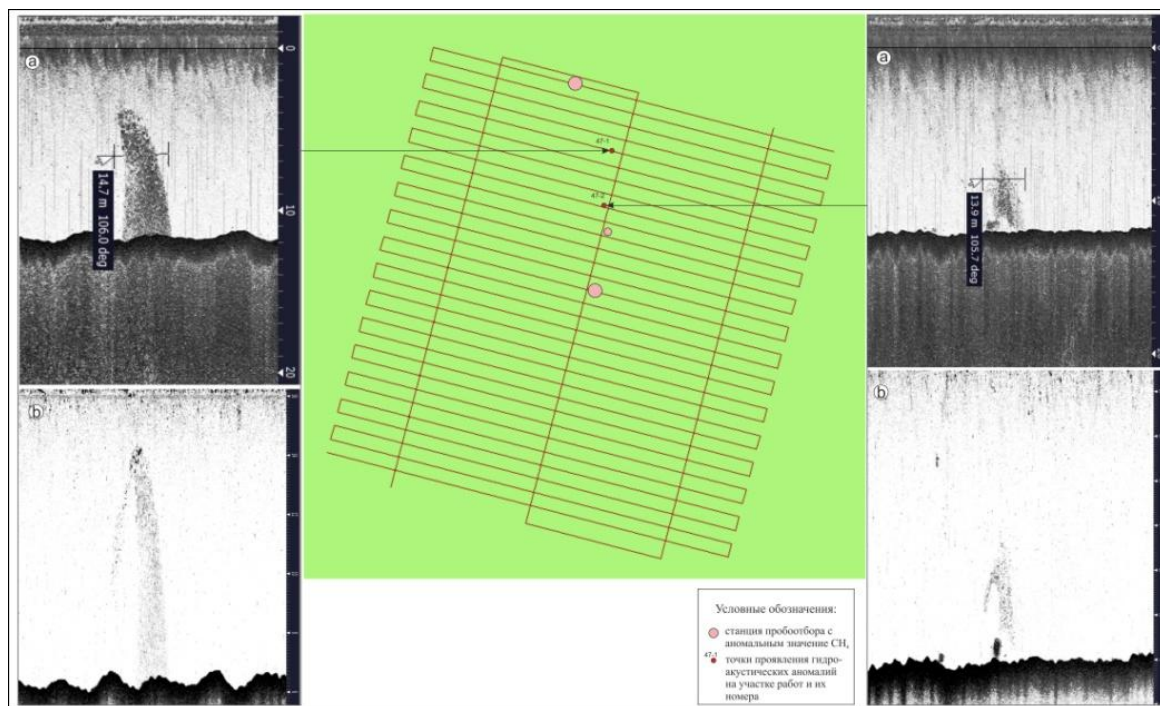


Рис. 2. Отображение гидроакустических аномалий на сонограммах ЛБО (а) и эхограммах (б) в районе проявления повышенных значений CH₄ в донных пробах

Непосредственно в полевых условиях, на берегу проводилось извлечение газа из донных осадков методом head space. Лабораторные исследования проб воды и донных отложений выполнялись в сертифицированной стационарной лаборатории ФГБУ «ВНИИОкеангеология Определение состава углеводородных газов (метан, этан, этилен, пропан, пропилен, i-бутан, n-бутан, этилен+бутан, i-пентан, n-пентан) и неуглеводородных (углекислый газ, гелий, водород, кислород, азот, аммиак, сероводород, сернистый газ) проводилось на газовом хроматографе Shimadzu GC 2014 и квадрупольном масс-спектрометре. Определение железа, марганца, цинка, меди, кадмия, свинца, кобальта и никеля проводилось атомно-адсорбционным методом по методике HСAM-155хс:

мышьяк определялся по методике РФСА; ртуть определялась на анализаторе ртути РА-915 + с приставкой РП-91 С.

По результатам эхолотного промера, гидролокационных исследований и результатам гранулометрического анализа были составлены литофациальные карты каждого из 10 участков, на них нанесены «газовые аномалии» по геофизическим данным и нанесены точки с аномальными содержаниями газов по результатам геофизических исследований (Рис. 3). По результатам полевых исследований. Были также даны рекомендации по районированию опасных геологических процессов непосредственно в прибрежной зоне, а изучение газовой составляющей в донных осадках позволило более обоснованно протрассировать активные в настоящее время разрывные нарушения.

Полученные данные по ключевым участкам в прибрежной зоне о. Сахалин позволяют считать, что наиболее важным из проявлений ОЭГП являются выделения газов. При этом в большая часть выявленных аномалий в мелководной зоне коррелируется с сетью активизированных разломов. Вторым по значимости ОЭГП являются литодинамические процессы, в частности активное вдольбереговое перемещение обломочного материала. Кроме того, во многих районах прибрежного мелководья активно проявлены современные геодинамические процессы эндогенной природы, которые тесно связаны с экзогенными геологическими процессами.

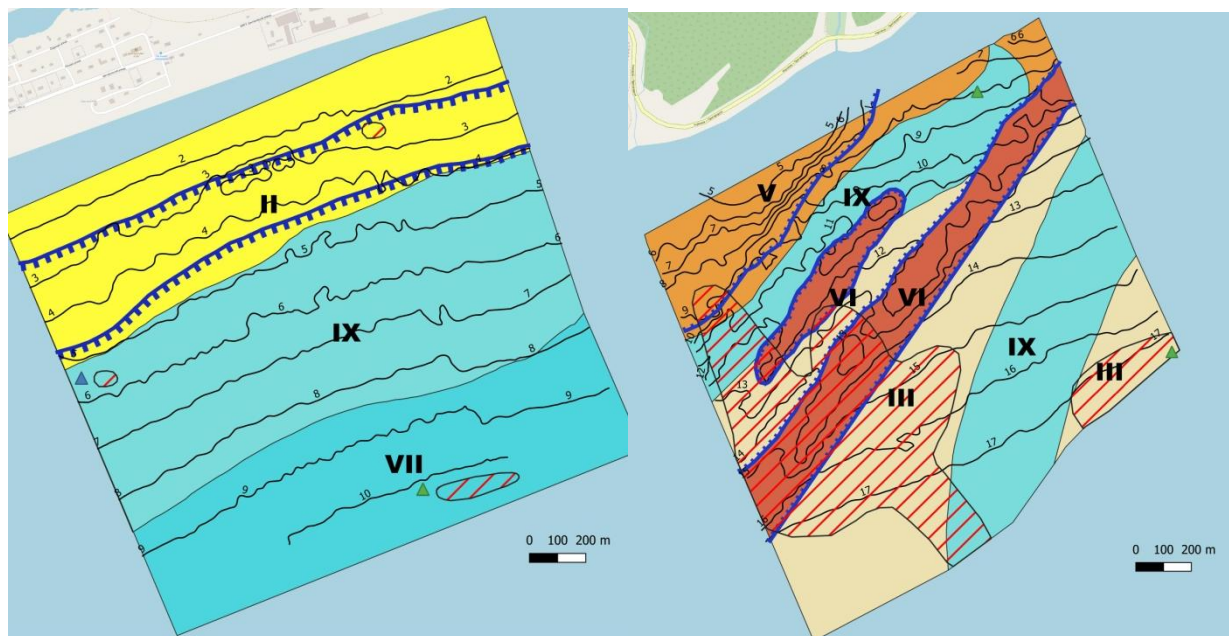


Рис. 3. Литофациальные карты участков «Песчанское» (аккумулятивная прибрежная зона) и «Пригородное» (абразионная прибрежная зона) в заливе Анива (Южный Сахалин). Цифрами обозначены фациальные обстановки: Абразионные: III- перлювиальная, V – денудационная течениево-волновая, VI – денудационная течениево-грядовая; транзитные: IX – течениевая; аккумулятивные: II- волновая, VII- течениево-нефелюидная.

ЛИТЕРАТУРА

- Авдейко Г.П., Антонов А.Ю., Вольнец О.В. и др., Подводный вулканизм и зональность Курильской островной. М.: Наука, 1992. 528 с.
- Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Подводная вулканическая активность в пределах Охотоморского склона Курильской островной дуги // Актуальные проблемы нефти и газа. 2018. Вып 4(23). С. 1-7. doi: 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art51
- Матвеева Т.В., Соловьев В.А. Газовые гидраты Охотского моря: закономерности формирования и распространения // Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева. 2003. Т. 47. № 3. С. 101-111.
- Рыбалко А.Е. Щербаков В.А., Захаров М.С. и др. Новая инженерно-геологическая карта шельфа арктических морей России // Neftegaz.RU. 2020. Т. 97. № 1. С. 44-51.

Рыбальченко В.В., Гогоненков Г.Н., Слепченко В.А. Вертикальная миграция газа и газогидраты на Северо-Восточном шельфе Сахалина // Геология нефти и газа. 2017. №2. С. 40-50.

Селиверстов Н.И. Геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ им. Витуса Беринга 2009. 191 с.

MAP OF GEOLOGICAL HAZARDS PROCESSES (GHP) ON THE FAR EASTERN SHELF AND ECONOMIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION AND THE RESULTS OF FIELD WORKS ON REFINING THE MAP OF GHP ON THE SAKHALIN SHELF

Rybalko A.E., Shcherbakov V.A., Zakharov M.S., Ivanova V.V., Slinchenkov V.I., Loktev A.S., Belyaev P.Yu., Golosnoy A.S.

VNIIOkeangeologiya, St. Petersburg, Russia

During 2020, VNIIOkeangeologiya was compiling a map of hazardous geological processes in the economic zone of the Russian Federation on a scale of 1: 5,000,000. A classification of these processes was carried out, their description and geographic referencing were given. To clarify the nature of the development of GCP in the coastal zone of Sakhalin Island, field work was carried out in 2020 at 10 key areas. They made it possible to establish that here the main GCP are gas evolution, lithodynamic processes, as well as activation of faults.

Keywords: *shelf, Far Eastern seas, hazardous geological processes, Sakhalin Island, gases in bottom sediments, gas hydrates, gravitational processes*