

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕЙСМОИНФРАЗВУКОВОГО МОНИТОРИНГА И ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В РАЙОНАХ РАЗВЕДКИ И ДОБЫЧИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ЗАПАДНОЙ АРКТИКИ

Арктическую зону РФ долгое время относили к «асейсмичными» территориям, в которых практически не бывает сильных землетрясений. До начала XXI века недостаток информации о слабой сейсмичности в Арктике не вызывал особой озабоченности, поскольку при строительстве на суше землетрясения с магнитудами $M < 4,5$ принято считать безопасными для большинства сооружений. При обустройстве морских промыслов на арктическом шельфе этот порог риска должен быть существенно понижен, потому что в ходе инженерно-геологических изысканий выяснилось, что даже слабые землетрясения (с $M < 3$) могут провоцировать крупные оползни и сплывы слабых грунтов при незначительных уклонах рельефа дна.

Открытие на грани веков гигантских нефтегазовых ресурсов на шельфе арктических морей и перспектива превращения Северного морского пути в эпоху аномального потепления в общедоступный кратчайший морской коридор между европейскими и азиатско-тихоокеанскими центрами глобального рынка вернули Арктической зоне России внимание государства и бизнеса, в том числе и в части обеспечения геодинамической безопасности нефте- и газодобывающих комплексов и ассоциированной инфраструктуры.

Мировой опыт эксплуатации офшорных промыслов убедительно свидетельствует о том, что недоучет геодинамических факторов риска при освоении морских месторождений приводит к неоправданно большим экономическим потерям. По данным журнала «Oil&Gas Journal» из 3000 аварий на морских промыслах мира 36 % были связаны с потерями устойчивости и повреждениями платформ и трубопроводов, обусловленными геодинамическими факторами. Суммарные мировые расходы на ликвидацию последствий аварий до 2010 г. оцениваются суммой свыше 34 млрд долларов. К при-

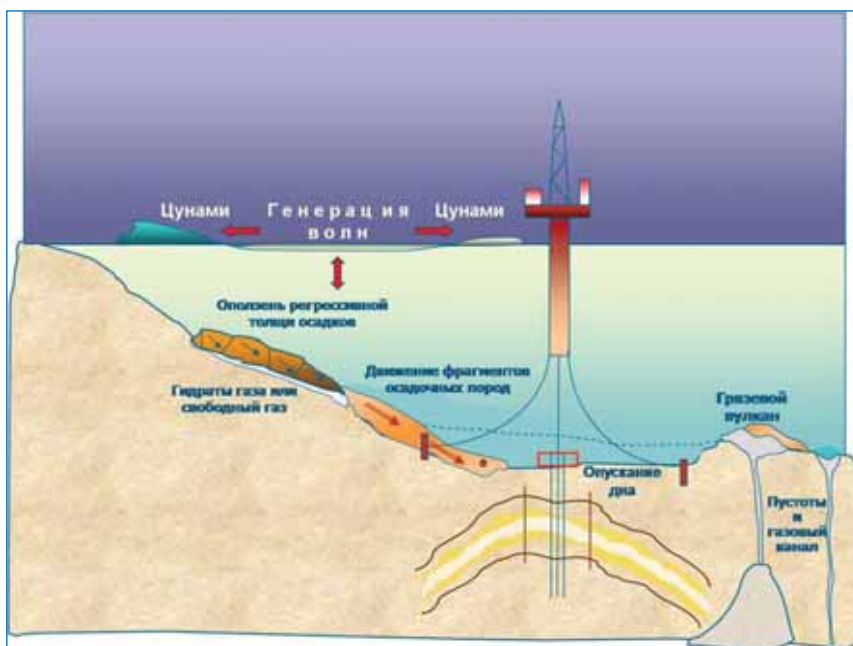
меру, на норвежском месторождении Экофиск в Северном море за 30-летний период эксплуатации с 1972 по 2001 г. произошло проседание дна моря на 9 м, что привело к наклону центральной платформы и многочисленным повреждениям всей инфраструктуры. Только прямые затраты на ликвидацию последствий превысили 400 млн долларов.

Серьезную опасность при освоении Арктики представляет и увеличившийся вслед за потеплением климата сток льда в море, выражающийся в увеличении айсбергообразования. Система течений в Баренцевом море определяет вынос айсбергов, откальвающих от ледниковых покровов Северо-Восточной Земли Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа и Северного острова Новой Земли, в зоны акватории Баренцева моря над газоносными структурами.

В Кольском филиале Геофизической службы Российской академии наук накоплен значительный опыт по совместной регистрации инфразвуковых полей, распространяющихся в атмосфере, и сейсмических полей, распространяющихся в литосфере. На основе этого опыта была предложена инновационная технология сейсмоинфразвукового мониторинга и детектирования опасных геодинамических явлений в Западной Арктике, предусматривающая создание по периметру Баренцево-морского бассейна сети геофизических обсерваторий для сейсмоинфразвукового мониторинга опасных динамических процессов в литосфере (землетрясения, грязевой вулканизм и оползневые явления на морском дне) и криосфере (деструкция ледниковых шапок на арктических островах с проявлением мощных льдотрясений и сходом в акваторию моря крупных айсбергов).

Испытания элементов этой системы были начаты на архипелаге Шпицберген в реальных арктических условиях. В период до 2016 г. планируется создание экспериментального аппаратно-программного комплекса сейсмоинфразвукового мониторинга и детектирования сейсмической активности и опасных геодинамических явлений в районах разведки и добычи энергетических сырьевых ресурсов в зоне архипелага Шпицберген и в Западной Арктической зоне РФ.

В настоящее время прототип комплекса состоит из широкополосной трехкомпонентной сейсмической станции, размещенной в центральном бункере, и трех микробарографов с системой пространственных фильтров для снижения уровня ветровых помех. Микробарографы разнесены на расстояние 150–200 м от центра. Такая расстановка позволяет факторы геодинамического риска на шельфовых нефтегазовых полях Западной Арктики (по материалам А.И. Калашника, Н.Н. Мельникова, Горный институт КНЦ РАН, 2011 г.).



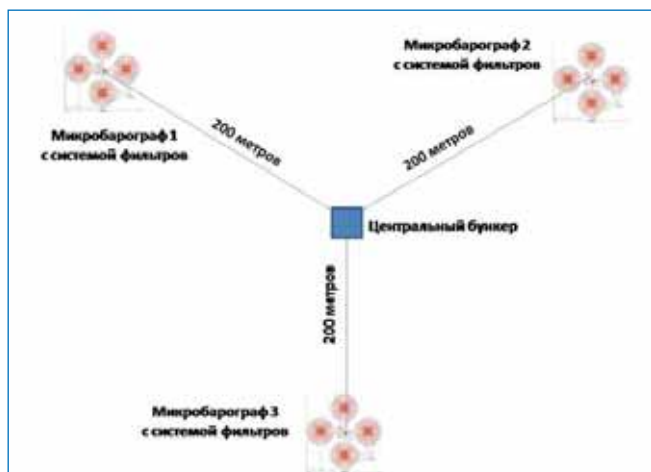


Схема размещения микробарографов инфразвуковой станции и сейсмометра в центральном бункере.

ляет по разности прихода инфразвуковых сигналов на станции с точностью 2–3° определять азимут и угол подхода фронта инфразвуковой волны.

Объединение сейсмического и инфразвукового методов регистрации волновых полей в единый комплекс позволяет по совокупности признаков достоверно выделять источники генерации таких опасных геодинамических явлений, как:

- землетрясения, приводящие к повреждениям нефтегазопромысловых сооружений, разрывам трубопроводов, деформациям скважин;
- обвалы, осыпи, оползни, сплывы, вызывающие механические повреждения сооружений, разрушение оснований, погребение инженерных сооружений на дне моря;
- геокриологические явления, связанные с промерзанием геологической среды и воздействием плавучих льдов, айсбергов, приводящие к повреждениям инженерных сооружений, деформации или разрушению морских платформ и искусственных островов;
- деградация газовых гидратов, просачивание газа из газоносных толщ, разложение органики, приводящие к разупрочнению илисто-глинистых оснований, переходу песков в пльвунное состояние и, как следствие, к аварийным ситуациям при разведке и добыче газа.

Применение интегрированных сейсмоинфразвуковых комплексов в системах комплексного мониторинга



Установка сейсмостанции на поверхности выводящего ледника для мониторинга сейсмических эффектов, вызываемых его деструкцией (арх. Шпицберген, ледник Эсмарк, 2014 г.). Фото А.И. Воронина.

состояния природной среды повышает надежность контроля за геодинамическим режимом территории, обеспечивая выявление и локацию землетрясений, наземных и подводных взрывов, обрушений краев ледников, приводящих к образованию айсбергов.

Такие комплексы могут быть эффективно использованы для автоматического контроля соблюдения регламентируемых режимов в охранных зонах вокруг инженерно-технических сооружений повышенной опасности (в том числе подземных и наземных хранилищ нефти и газа), обеспечивая своевременное обнаружение случаев и мест проведения несанкционированных наземных и подводных взрывов и предотвращая ложное срабатывание охранных систем на ударно-волновые процессы в атмосфере.

Регистрация инфразвуковых волн также может быть полезна для обнаружения прорывов газопроводов и утечек газа из них, определения зон торошения льда на трассе Северного морского пути.

Публикация подготовлена при поддержке Минобрнауки России в рамках прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (ПНИЭР) по теме «Создание новых методов и средств мониторинга гидрометеорологической и геофизической обстановки на архипелаге Шпицберген и в Западной Арктической зоне Российской Федерации» (westarctic.ru, уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI61014X0006).

**Ю.А. Виноградов (ГС РАН),
В.Г. Дмитриев (АНИИ)**

АТЛАС ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА И ОКРАИННЫХ МОРЕЙ В ПЕРИОД МЕЖДУНАРОДНОГО ПОЛЯРНОГО ГОДА 2007/08

Создание океанографического атласа в рамках проекта по созданию единой базы данных по температуре и солености, полученных в период проведения Международного полярного года (МПГ) 2007/08 являлось частью работ АНИИ в рамках программы сотрудничества между Национальным управлением по исследованию океанов и атмосферы (NOAA) США и Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РФ. Проект был утвержден во время третьей официальной встречи делегаций

NOAA и Росгидромета в рамках Меморандума о взаимопонимании по сотрудничеству в области метеорологии, гидрологии и океанографии («Сотрудничество в Арктике») в июле 2010 г. и затем подтвержден во время четвертой встречи в апреле 2012 г. Проект осуществлялся в рамках международного координационного проекта SAON (Sustaining Arctic Observing Networks), целью которого является осуществление кооперации научных исследований и наблюдений в Арктике. Основной целью работ являлось создание единой между-