

В АРКТИКЕ РИСКИ НАРУШЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ В ЗОНАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ ОСОБЕННО ВЕЛИКИ

ИНТЕРВЬЮ С АКАДЕМИКОМ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
АНАТОЛИЕМ НИКОЛАЕВИЧЕМ ВИНОГРАДОВЫМ



Анатолий Николаевич, у вас за плечами полувековой опыт экспедиционных работ в Арктике. Кроме того, вы уже 33 года главный ученый секретарь самого крупного и многопрофильного академического учреждения в Арктике — Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр РАН» и в силу этого можете рассматривать современные проблемы арктических исследований не только с узких профессиональных позиций геолога и геофизика, но и с точки зрения общесистемного подхода к природопользованию. Как вы оцениваете сегодняшнюю ситуацию в научном обеспечении хозяйственного развития заполярных территорий?

Начало XXI века можно рассматривать как исторический рубеж, на котором произошла смена стиля природопользования в Арктике — от гармоничного со средой обитания натурального хозяйства с локальными вкраплениями индустриальных агломераций среднего масштаба был сделан скачок в эпоху строительства гигантских сооружений, служащих центральными ядрами природно-технических систем мегакласса. Первая волна рекордных достижений в «покорении Арктики» наиболее ярко проявилась в строительстве морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) «Приразломная» на шельфе Печорского моря, в создании крупнейшего в Арктике завода по сжижению газа «Ямал СПГ» в пос. Сабетта и в выведении на высокоширотные морские трансарктические трассы супертанкеров-газовозов серии «ЯМАЛМАКС». Эти достижения вызвали эйфорию в бизнес-сообществе, передавшуюся в определенной мере и в научные круги, сфокусировав их внимание на

Анатолий Николаевич Виноградов — геолог, геофизик, кандидат геолого-минералогических наук, академик РАН, эксперт по проблемам рационального природопользования. Проработал в Арктической зоне Российской Федерации 57 лет, в том числе более 25 лет участвовал в геофизических исследованиях на архипелаге Шпицберген. Главный ученый секретарь Кольского научного центра Российской академии наук (ныне Федеральный исследовательский центр КНЦ РАН) с 1985 года, директор Кольского регионального сейсмологического центра РАН (в настоящее время — Кольский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук», ФИЦ ЕГС РАН) в 2003–2018 годах, руководитель секции науки и технологии в Экспертном совете по Арктике при Совете Федерации в 2010–2013 годах, один из инициаторов создания Российского научного центра на архипелаге Шпицберген и член Наблюдательного совета РНЦШ с 2014 года; в настоящее время научный руководитель проекта ФИЦ ЕГС РАН «Развитие методов геофизического мониторинга сейсмических и инфразвуковых полей в зонах деструкции кристаллического фундамента, осадочного чехла и криосферы на Западно-Арктической окраине Евразийской литосферной плиты». Автор более 350 публикаций по проблемам развития Евро-Арктического региона.

За укрепление международного научно-технического сотрудничества в Баренц регионе награжден орденом Дружбы РФ и почетным знаком «За заслуги перед Мурманской областью».

изыскании инноваций, способных еще более ускорить прогресс в индустриализации «белой пустыни» Арктики.

К сожалению, на фоне вполне закономерного подъема оптимизма в отношении развития арктической техносферы ушли на второй план требования системного подхода, согласно которым расширение масштабов природопользования в Арктике можно осуществлять только с неременным соблюдением «экологического императива», то есть с гарантированным обеспечением экологической стабильности среды обитания при любых хозяйственных действиях. Обусловленная производственными успехами деформация общественного видения приоритетности проблем развития Арктики приводит к тому, что государство все больше теряет рычаги управления реализацией национальной Стратегии, декларированной в 2008–2013 годах. Намечилась тенденция приступать к осуществлению крупных технических проектов без достаточной научной проработки всех аспектов их будущего взаимодействия с природными компонентами больших морских экосистем и с системами жизнеобеспечения в населенных районах суши. Такой подход таит в себе угрозу катастрофических последствий, ущерб от которых может существенно переписать «выгоду», полученную в процессе добычи сырьевых ресурсов на арктической территории в режиме непомерной «экономии» затрат на проведение научных исследований и инженерно-геологических изысканий, а также на организацию постоянного мониторинга состояния природно-технических комплексов в период их эксплуатации. В Арктике риски нарушения стабильности среды обитания в зонах промышленного освоения особенно велики не

только из-за повышенной уязвимости местных экоценозов, но и вследствие низкого уровня знаний о специфике арктических геофизических и геомеханических условий в недрах криолитосферы, с которыми человечество еще не сталкивалось при индустриализации территорий в средних широтах.

Арктические исследования ведутся уже более трех столетий, и, несмотря на это, в наших знаниях о природе Арктики остаются существенные пробелы. Каким из них вы считаете необходимым уделить первоочередное внимание сегодня?

В ряду слабо изученных факторов риска на первое место можно поставить опасные флюидодинамические явления, связанные с деструкцией субаквальных горизонтов арктической криолитосферы и с наличием в ее составе особого типа мерзлых грунтов, насыщенных газогидратами метана и его гомологов. Повсеместное распространение на арктическом шельфе этой группы природных опасностей было выявлено только в начале XXI века, поэтому разработка методов контроля динамических параметров природной среды (в первую очередь — грунтовых оснований, на которых формируются природно-технические комплексы «техносферы») в настоящее время все еще находится в зачаточном состоянии.

Какие меры следует, по вашему мнению, предпринять для улучшения ситуации в сфере минимизации и предотвращения рисков?

Для разработки реалистичных и адекватных мер профилактики рисков необходима целевая государственная поддержка научных исследований, направленных на исследование масштабов и механизмов разрушения криолитосферы под воздействием потепления климата и роста техногенного стресса. В течение последних 100 лет, со времени создания в 1916 году Комиссии по оценке естественных производительных сил (КЕПС) и затем его более мощного правопреемника Совета по оценке производительных сил (СОПС), инициатором и лидером в формировании и воплощении в жизнь проблемно-ориентированных программ по опережающей системной проработке вопросов освоения природного потенциала выступала Российская академия наук (РАН). Применительно к задачам освоения Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), сформулированным в утвержденной в 2013 году национальной Стратегии развития АЗРФ, академия выполнила обобщение и систематизацию мирового опыта рационального природопользования в Арктике, накопленного к концу XX века, и отразила его в серии фундаментальных монографий, вышедших в свет в 2010–2015 годы. Казалось бы, что на этом можно было бы и успокоиться — научная база для новой стадии индустриализации Арктики создана! Однако при скачкообразном переходе к эпохе строительства природно-технических комплексов мегакласса прошлого опыта оказалось недостаточно, возникла неотложная потребность учета неизвестных ранее факторов. Откликаясь на возникшую потребность ускорить формирование научного обеспечения промышленной и экологической безопасности в быстро растущем нефтегазовом секторе АЗРФ, Академия наук в 2018 году выступила с инициативой образовать межведомственный исследовательский консорциум с участием Минобрнауки России, Роскосмоса, Росгидромета и РАН для выполнения в 2019–2021 годах целевого мегапроекта «Взаимодействие литосферы, криосферы и атмосферы в Арктике в контексте изучения геодинамических и флюидогазодинамических процессов с использованием сети береговых и донных сейсмических станций и сейсмоинфразвуковых комплексов, а также аэрокосмического мониторинга».

В рамках указанного проекта предлагается безотлагательно развернуть проблемно-ориентированные научные исследования по геомеханике и нелинейным физическим свойствам наименее изученного компонента криолитосферы — мерзлых грунтов, насыщенных газогидратами (не выделявшийся ранее тип ГСГГ), ибо без этого невозможно осуществлять инженерно-технические расчеты оснований мегасооружений и подземных объектов с повышенным уровнем требований к долговременной stressоустойчивости и экологической безопасности. Второй важнейшей задачей мегапроекта должно стать формирование в АЗРФ региональной системы геофизического мониторинга недр на основе инновационных наземно-донных сейсмоакустических сетей, способных надежно отслеживать проявления опасных флюидодинамических процессов, вызываемых техногенным стрессом и климатическими изменениями в грунтовых основаниях инженерных объектов мегамерного класса, создаваемых на лицензионных площадях нефтегазовых и угольных бассейнов АЗРФ. Темпы развития научных основ геомеханики ГСГГ и формирования сетей геофизического мониторинга должны опережать темпы строительства природно-технических комплексов, имеющих повышенный уровень риска аварий с катастрофическими последствиями для арктических экосистем или с экстремально большим экономическим ущербом.

Почему именно грунтовые основания и их контроль выдвинуты в число «критических» приоритетов предстоящего цикла исследований?

В XX веке СССР занял лидирующие позиции в мире по индустриализации Арктики и строительству в зоне многолетнемерзлых пород крупногабаритных инженерных сооружений благодаря активному развитию Академией наук СССР научных основ механики мерзлых грунтов. Базовая модель четырехфазной структуры мерзлых грунтов «минеральный каркас–вода–лед–газ», разработанная чл.-корр. АН СССР Н.А. Цытовичем в 30-е годы, до сих пор служит первоосновой учебников по геомеханике грунтов и СНиП, регламентирующих инженерно-геологические изыскания и проектирование строительства на вечномерзлых грунтах. Эта модель вполне удовлетворяла практические запросы арктической стройиндустрии до тех пор, пока расчетные глубины грунтовых оснований сооружений, возводимых на поверхности или размещаемых в недрах, не выходили за пределы верхней границы зоны стабильности газогидратов метана (ЗСГ).

Начало новой эпохи в освоении недр северных морей ознаменовалось созданием гигантских гравитационных платформ для добычи нефти и газа (типа Troll-A и Statfjord-B в Норвегии), масса которых достигает 1,2 млн т, а площадь опорного основания относительно невелика (порядка 16–20 м²), вследствие чего дополнительная «пригрузка» в 300–700 кПа воздействует на грунтовое основание под сооружением до глубины 50–150 м. В относительно теплых морях Северной Атлантики, где отсутствует субаквальная криолитосфера, такая пригрузка дна не влечет за собой опасных последствий, тогда как на арктическом шельфе, в условиях близкого расположения к поверхности дна субмаринной криолитозоны и ЗСГ, ситуация принципиально изменяется, однако эти перемены до сих пор не нашли отражения в действующих в России руководствах и правилах инженерных изысканий и строительства на мерзлых грунтах. Инертность составителей СНиП создала благоприятные предпосылки для достижения рекордного результата — установке в 2011 году в Печорском море первой в Арктике гигантской гравитационной платформы «Приразломная» общим весом до 650 тысяч тонн. Это историческое событие, символизир-

рующее готовность российской промышленности к переходу на новый технологический уровень в оффшорном секторе экономики, тем не менее, кроме восхищения, вызывает и вполне обоснованное беспокойство в связи с игнорированием строителями рисков, обусловленных неполнотой знаний о геомеханических условиях в недрах арктического шельфа и отсутствием технических средств и технологических решений для дистанционного контроля флюидодинамических процессов в геомеханическом пространстве между добычной платформой и отрабатываемыми глубинными залежами углеводородов в недрах. Хозяйственная инициатива «девелоперов-практиков» опередила на десятилетие уровень развития науки в области геомеханики мерзлых грунтов типа ГСГГ, а также технологический уровень геофизической аппаратуры, предлагаемой российскими производителями для выявления залежей газогидратов и контроля их поведения при техногенном стрессе и изменениях климата в Арктике. Как показывает анализ аварийных инцидентов с тяжёлыми экологическими последствиями в нефтегазовом секторе мировой экономики, негативные последствия такого высокорискового стиля природопользования могут в перспективе превысить полученные выгоды от технологических прорывов, не опирающихся на надёжную базу знаний о геомеханических условиях в недрах.

В чем, по вашему мнению, состоит специфика грунтовых условий на арктическом шельфе?

В отличие от строительных площадок, находящихся в областях умеренного климата, в Арктике, особенно на тех территориях, которые в ледниковый период (6–17 тысяч лет назад) были покрыты покровным оледенением, зона стабильности газогидратов локализована на глубинах от 20 до 700 метров, при этом вследствие эффекта самоконсервации островные залежи газогидратов в течение тысячелетий могут сохраняться в метастабильном состоянии в многолетней мерзлоте (ММП) выше кромки ЗСГ — вплоть до нижней границы поверхностного «десятилетнего слоя» ММП, регулярно подвергающегося сезонному оттаиванию.

Геомеханические свойства ГСГГ существенно отличаются от «обычных» мерзлых грунтов, поскольку поведение наноструктурированных клатратных соединений (к типу которых принадлежат газогидраты метана) при изменении температуры и давления в среде резко отличается от остальных фаз стандартной четырехфазной модели мерзлых грунтов. Газогидраты метана по своей структуре представляют собой объемные «наноконтейнеры», стенки которых сложены кристаллами льда, а внутренние полости заполнены молекулами метана с примесью этана, пропана и бутана, «упакованными» в 120–160 раз более плотно, чем в пузырьках «свободной» газовой фазы, находящихся в межзерновых полостях минерального каркаса грунтов трехфазного или четырехфазного строения. При диссоциации газогидратной фазы прочностные параметры ГСГГ резко снижаются, интенсифицируется эмиграция высвобождаемого из клатратных «контейнеров» метана в окружающую газопроницаемую среду, что в предельном случае приводит к разгрузке флюидопотока через грифоны и струи на поверхности морского дна с формированием поцарапов или взрывных кратеров.

Наиболее ярко аномальность ГСГГ проявляется в критической области фазового перехода твердых газогидратов в сложный водно-газовый флюид. В условиях замкнутого пространства (низкой флюидопроницаемости вмещающей грунтовой матрицы) деструкция газогидратов может привести к возникновению зон аномально высокого пластового давления (АВПД) или газовых карманов, в которых давление в разы выше гидростатического на данной

глубине. В приповерхностных горизонтах криосферы это приводит к росту особой категории геоморфологических структур — «газогидратных пинго», отличающихся от сходных по морфологии булгуньяхов тем, что в ядре растущих куполов залегают не ледовые линзы, а ГСГГ в предельном критическом состоянии. При быстром протекании процесса деструкции газогидратного компонента ГСГГ из-за скачкообразного роста флюидного давления купола взрываются, и на их месте формируются кратеры глубиной до 50 м, окруженные брустверами (валами) из выброшенных взрывом десятков тысяч тонн брекчированных мерзлых пород из разрушенной «покрышки». Энерговыведение при больших газовых выбросах сопоставимо с взрывами ядерных зарядов мощностью в несколько килотонн.

В современных климатических условиях «межледниковья» взрывные кратеры быстро — в течение 2–3 лет — превращаются в округлые озера, неотличимые по морфологии от классических «таликов», поэтому на арктических территориях, освобожденных от покровного оледенения 6–12 тысяч лет назад, очень трудно оценить количественно вклад в геодинамическую группу факторов риска взрывных явлений, связанных с деструкцией газогидратов. Странники традиционной школы мерзлотоведения склонны интерпретировать все озерные котловины как талики или термокарстовые провалы, т.е. относительно пассивные структуры, не представляющие серьезной опасности для техносферы. С этой успокоительной позицией, на которой основывалась в XX веке вся стратегия промышленного строительства на арктических территориях, резко контрастирует возникшая в последние годы «газогидратная концепция», согласно которой в осваиваемых промышленностью районах тундрового пояса АЗРФ от 60 до 90 % «крутых» озер (а их здесь десятки тысяч!) представляют собой следы взрывных газовых выбросов. Очевидно, что эта концепция, в сочетании с фактами появления в 2012–2017 годах на территории главного газодобывающего субъекта России — Ямало-Ненецкого округа — гигантских взрывных кратеров вблизи от магистральных газопроводов, эксплуатируемых промыслов и заводов по производству сжиженного природного газа должна вызвать обеспокоенность как у руководителей хозяйствующих субъектов, так и у государственных органов управления, ответственных за промышленную безопасность строящихся в регионе мегамасштабных природно-технических комплексов.

Особое внимание при организации работ по исследованию «незаполненной лакуны» в учении о геомеханике мерзлых грунтов следует уделить нелинейным свойствам наноструктурированных газогидратных компонентов, поскольку с ними могут быть связаны наиболее опасные аномальные свойства ГСГГ, а именно — потеря устойчивости и взрывное разрушение при воздействии высокочастотных вибрационных и электромагнитных колебаний. В частности, предварительные теоретические расчеты показали возможность самопроизвольного разогрева газов, содержащихся в наноразмерных полостях, до сверхвысоких температур. Если этот режим может реализоваться в газогидратных залежах при воздействии на них вибрации, сопровождающей строительство скважин или проведение взрывных работ, то нелинейный разогрев газовых компонентов будет провоцировать расплавление ледового каркаса клатратных ловушек и аномальную импрегнацию метана под повышенным давлением во вмещающие породы. Феноменологически явление аналогично спонтанному локальному всплеску аномально высокого пластового давления (АВПД), несущему риск механических повреждений и пожара в импактной зоне «техногенного» происхождения.

Более масштабные деструкционные процессы в слоях ГСГГ в авроральном поясе Арктики могут провоцировать

мощные электромагнитные бури в ионосфере (визуально наблюдаемые как полярные сияния). Экспериментально установлено, что высокочастотное электромагнитное поле (ЭМП) способно разрушать газогидраты, и на основе этого открытия был даже запатентован способ промышленного извлечения свободного газа из газогидратных залежей. Показано, что оптимальная рабочая частота для разложения метангидратов равна 4,46 МГц. Вариации ЭМП во время полярных сияний обычно лежат в более низкочастотном диапазоне, однако мощные «штормы» в ионосфере, при которых энерговыделение достигает 1,4 ГВт, генерируют и высокочастотное излучение в диапазоне 1–6 МГц. Риски, связанные с воздействием геоиндуцированных токов (ГИТ) на электросети и инженерные системы большой протяженности, активно изучаются во всех приарктических странах, тогда как работ по оценке влияния вариаций ЭМП и ГИТ на состояние ГСГГ до сих пор не проводилось. Учитывая то обстоятельство, что все крупнейшие месторождения газа и нефти в АЗРФ расположены в пределах осевой части авроральной зоны, а на западном фланге они к тому же близки к области каспа, в которой воздействие электромагнитных бурь на земную поверхность максимально, целенаправленное изучение проявлений деструкции ГСГГ в криосфере следовало бы включить в перечень приоритетных задач по научному обеспечению промышленной безопасности природно-технических систем гражданского и оборонного назначения, создаваемых в АЗРФ.

В каком состоянии находятся сегодня научные разработки в области новых технологий для контроля и профилактики рисков, связанных с деструкционными процессами в криолитосфере?

В развитии средств и методов для выявления ГСГГ и оценки их влияния на безопасность арктических природно-технических систем наметилось заметное отставание России от потенциальных конкурентов по освоению Арктики. В действующих в России СНиП отсутствуют регламентации требований по оценке насыщенности грунтов газогидратами и учету их влияния на надежность оснований мегастроений. Более того, даже в научных работах поискового характера, посвященных обоснованию безопасных способов строительства в Арктике инженерных сооружений повышенной надежности (подземных атомных станций, хранилищ радиоактивных отходов, мегамасштабных нефтегазовых промыслов и т.п.), проблемы влияния ГСГГ на их долговременную стабильность не рассматриваются, а прогнозные оценки техногенного воздействия на ММП основываются на традиционных геомеханических и теплофизических моделях. Во многом эта неблагоприятная ситуация связана с тем, что вплоть до последнего времени в России отсутствовали эффективные технические и технологические средства для выявления и отслеживания газогидратных слоев в процессе геологоразведочных работ, поэтому наличие газогидратов в недрах осваиваемых нефтегазовых полей АЗРФ определяется только по геофизическому каротажу скважин, при этом разрешающая способность применяемых методов уступает на порядок уровню, достигнутому норвежскими сейсморазведчиками еще в 2008 году без применения дорогостоящего бурения.

Перечисленные трудности в контроле рисков, связанных с деструкцией газогидратов, характерны только для России или же свойственны все арктическим территориям?

Другие приарктические страны при освоении арктического шельфа уже более 20 лет активно внедряют инновационные геофизические методы дистанционного обнаружения газогидратов в геологических формациях, содержащих месторождения углеводородов. Переодо-

вые позиции в совершенствовании законодательного регулирования природопользования в ареалах развития ГСГГ занимает Канада, которая в 2012 году вынесла на публичное обсуждение свод регламентаций и правил по ведению инженерно-геологических изысканий и учету данных о распределении газогидратов в недрах при строительстве нефтегазовых промыслов на арктической территории. Норвегия, создавшая в 2013 году при Арктическом университете в Тромсё Центр изучения газогидратов и их влияния на климат и экологическую обстановку в Арктике, выдвинулась в мировые лидеры по применению волоконно-оптических технологических систем для сейсмоакустического зондирования. Для ведения непрерывного геофизического мониторинга микросейсмичности недр и контроля движения флюидов при эксплуатации нефтяных и газовых месторождений на лицензионных участках создаются донные сети типа «газовых сейсмоакустических антенн», использующие конверсионные мониторинговые кабельные системы с числом регистрирующих ячеек от 2400 до 10000. Первая донная сеть гражданского назначения площадью 64 км² была установлена норвежской компанией «Статойл» в 2010 году, что позволило создать «умные промыслы», на которых коэффициент извлечения нефти почти удвоился и достиг уровня 50–68 % (для сравнения — в проекте освоения месторождения «Прираломное» плановый коэффициент задан в 26 %).

В Норвегии принято считать, что без проведения детальных структурных исследований с высокочувствительной аппаратурой на основе ВОИС в режиме 3D на стадии разведки шельфовых месторождений и последующей организации контроля флюиодинамических процессов в недрах в режиме 4D на стадии эксплуатации строительство оффшорных нефтегазовых промыслов в Западной Арктике слишком рискованно, поскольку операторы проектов не могут гарантировать безаварийность производства и его экологическую безопасность. С учетом этих концептуальных установок развёрнута подготовка к производству донных оптоволоконных «мегаантенн» с миллионом ячеек, состоящих из трехкомпонентных акселерометров и геофона. Они предназначены для установки на морских промыслах, которые Норвегия планирует создать в 2025–2030 годах для освоения нефтегазовых ресурсов норвежской части бывшей спорной зоны Баренцева моря, разделенной в 2010 году по двустороннему соглашению между Россией и Норвегией.

Предпринимаются ли меры по улучшению профилактики рисков, связанных с газогидратами в криолитосфере?

В России пока законодательно не определены требования к компаниям-операторам морских промыслов по профилактике геофизических рисков, хотя еще в 2010 году Экспертный совет по Арктике при председателе Совета Федерации РФ рекомендовал в комплексе мер по обеспечению государственной политики в АЗРФ «закрепить законодательно обязательное включение в лицензионные соглашения на право разведки и освоения уникальных и крупных нефтегазовых месторождений в АЗРФ требования о применении сейсмомониторинговых технологий 4D–4C для надежного контроля и управления деформационными процессами в недрах и профилактики техногенных землетрясений с катастрофическими последствиями. Эта мера позволит избежать повторения на шельфе АЗРФ тяжелых аварий с гигантскими выбросами газа и нефти, подобных тем, что имели место на суше при освоении Тазовского, Бованенковско-го и Кумжинского газовых месторождений». В 2012 году расширенный Экспертный совет по Арктике и Антарктике

при Совете Федерации вновь подчеркнул необходимость усиления мер по формированию сети сейсмологических станций и восстановлению в стране собственной базы производства геофизического оборудования для мониторинга флюидодинамического режима недр.

Обе эти рекомендации остались не реализованными к моменту старта первого проекта по добыче нефти на шельфе АЗРФ, поэтому на лицензионном участке месторождения «Приразломное» и в его окрестностях не была сформирована система геофизического мониторинга динамики недр. Действующая в Западной Арктике федеральная система сейсмического мониторинга из-за тысячекilометровых расстояний между опорными станциями не обладает чувствительностью, достаточной для локального контроля низкоэнергетических сейсмических событий. Перспективные предложения Единой геофизической службы РАН по формированию в регионе в 100 раз более чувствительной инновационной системы автоматизированного сейсмоакустического мониторинга деструкционных процессов в криосфере не получили финансовой поддержки ни от правительственных структур, ни от корпораций, держателей лицензий на освоение шельфовых ресурсов углеводородов. Несмотря на позитивную оценку со стороны экспертного сообщества, региональных органов управления и Совета Федерации концептуальных предложений по организации производства в России ключевых компонентов волоконно-оптических измерительных средств (ВОИС) для морских геофизических исследований, до сих пор реального прогресса в этом актуальном направлении не наблюдается. Возможной причиной такой управленческой пассивности была надежда оснастить российской шельфовые промыслы импортной мониторинговой аппаратурой, аналогичной той, что эффективно внедрена в практику норвежскими и британскими нефтегазовыми компаниями в Северном море и на западной окраине Баренцево-морского шельфа (вне ареала распространения субкавальной «вечной мерзлоты»). Эта надежда разбилась о рифы запретительных санкций на поставки в Россию высокотехнологичных средств для обустройства шельфовых промыслов в Арктике. Очевидно, что в условиях обострения борьбы за свои геэкономические интересы между всеми государствами Приарктического сектора России необходимо ускорить создание собственных технических средств геофизического контроля недр и водной толщи, не уступающих аналогам, освоенным западными конкурентами. Предпосылки для занятия лидирующего положения в этой области у России были в 80-е годы XX века, когда Мурманский ВНИИ «Моргеофизика» в содружестве с Ленинградским государственным оптическим институтом (ГОИ) разработал и запатентовал пионерные образцы сейсморазведочной аппаратуры с ВОИС. К сожалению, в кризисный 1995 год институт был ликвидирован, и работы по созданию донных геофизических сетей для арктического шельфа были прекращены.

Существуют ли иные пути решения проблемы контроля и управления флюидодинамическими рисками на арктических промыслах?

Возможен и альтернативный вариант укрепления научного обеспечения дистанционного контроля опасных флюидодинамических процессов геофизическими методами. Морские державы с высокоразвитым техническим потенциалом активно прорабатывают различные варианты комплексных гибридных систем, в которых интегрированы наземные (островные и прибрежные) мониторинговые комплексы с кластерными модулями, локализованными на морском дне и в водной толще. В России этот подход последовательно развивается в Федеральном исследовательском центре «Единая геофизическая

служба РАН» и в Институте океанологии РАН, однако его практическое применение в условиях труднодоступных районов арктического побережья и ледовых акваторий северных морей требует дорогостоящей верификации с проведением пилотных испытаний на референтных полигонах. Успешный опыт таких работ был получен в 2014–2016 годах на геофизических полигонах Российского научного центра на архипелаге Шпицберген (РНЦШ) в рамках междисциплинарного проекта ААНИИ Росгидромета «Создание новых методов и средств мониторинга гидрометеорологической и геофизической обстановки на архипелаге Шпицберген и в Западной Арктической зоне Российской Федерации». Кольский филиал Единой геофизической службы РАН принял участие в реализации проекта в части разработки программно-аппаратных средств для дистанционного контроля схода айсбергов в акваторию с кромок выводных лопастей горно-долинных ледников. Впервые в Арктике были созданы сейсмо-инфразвуковые группы, с помощью которых осуществлялся непрерывный круглогодичный мониторинг деструктивных процессов в ледниках в радиусе до 100 км от установки, а надежная регистрация калвинга на кромке ледника Норденшельда была выполнена на удалении 14 км от фронта айсбергообразования. Теперь стоит задача протестировать новую технологию на удалении до 100 км и в более суровых климатических условиях Новой и Северной Земли, комплексируя наземные сейсмоакустические группы с донными сейсмостанциями. Надеемся, что соответствующий комплекс работ нам удастся провести в рамках упоминавшегося ранее межведомственного целевого проекта «Взаимодействие литосферы, криосферы и атмосферы в Арктике», которым предусматривается формирование первого «модуля» будущей региональной сети автоматизированного мониторинга флюидодинамических процессов в зонах морехозяйственной деятельности и транспортных коммуникаций в Западной Арктике. Отличительной чертой проектируемой сети будет ее повышенная чувствительность — магнитудный порог гарантированной регистрации сейсмогенных процессов в недрах шельфа будет снижен на 2–3 порядка по сравнению с нынешним уровнем. Столь значительный прогресс будет достигнут за счет применения новой технологии сбора и обработки сейсмоакустической информации «NSDL», разработанной и запатентованной Кольским филиалом ЕГС РАН в 2017 году и успешно испытанной при создании пилотного варианта российской-норвежской системы автоматического мониторинга сейсмичности в полосе от Белого моря до Шпицбергена.

С учетом уже существующего задела в формировании наземной подсистемы будущего интегрального Западно-Арктического мониторингового комплекса представляется целесообразным в качестве стартовой площадки для пилотных испытаний выбрать центральную зону Карско-Баренцево-морского нефтегазового бассейна, охватывающую шельфовые поля Печорского моря (в том числе Приразломное месторождение), Байдарскую губу Карского моря и полуостров Ямал, где уже сформированы крупномасштабные природно-технические системы без адекватного развития мониторинговых сетей. На втором этапе опытным полигоном может служить участок шельфа Карского моря между Новой Землей и Ямалом, на котором локализованы наиболее крупные месторождения углеводородов (Победа, Ленинградское, Русановское), еще не вовлеченные в эксплуатацию (следовательно, сохраняющие в исходном состоянии грунтовые условия, не подвергшиеся техногенному стрессу).

Беседу вел А. И. Данилов