

# КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

*V. Pisarenko, S. Korneev, A. Kuz'ko*

## **ABOUT ACTUAL EXPEDITIONS TO EAST ANTARCTICA FOR MONITORING POSSIBLE SIGNS OF MELTING GLACIERS OF CONTINENTAL SHELF**

*The article describes the arguments about the expedition in East Antarctica for predicting volcanic activity for study the melting of glaciers.*

*Key words: Antarctica, underwater robot, tectonic activity.*

*Описано доводи про доцільність експедиції в Східну Антарктиду для забезпечення даних прогнозування вулканічної діяльності з метою вивчення танення льодовиків.*

*Ключові слова: Антарктида, підводний робот, тектонічна діяльність.*

*Излагаются доводы в пользу экспедиции в Восточную Антарктиду для обеспечения данных прогнозирования тектонической и вулканической деятельности с целью изучения таяния ледников.*

*Ключевые слова: Антарктида, подводный робот, тектоническая деятельность.*

© В.Г. Писаренко, С.В. Корнеев,  
А.В. Кузько, 2016

УДК 004.942

В.Г. ПИСАРЕНКО, С.В. КОРНЕЕВ, А.В. КУЗЬКО

## **ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ЭКСПЕДИЦИИ В ВОСТОЧНУЮ АНТАРКТИДУ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВОЗМОЖНЫХ ПРИЗНАКОВ ТАЯНИЯ ЛЕДНИКОВ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА**

Статья создана как результат замысла авторов организовать и выполнить экспедиционные работы в Восточной Антарктиде с намерением получить по возможности непосредственную регистрацию: 1) ожидаемых признаков корреляции (в пространстве во времени) активизации тектонической и вулканической деятельности (АТВД) на Антарктическом континенте; 2) наблюдаемых признаков ускоренного таяния некоторых ледников на локальных территориях континентального шельфа. По результатам экспедиции предполагается обеспечить информационную базу для получения средств прогнозирования зон и периодов ожидаемой активизации АТВД на ряде территорий Антарктического континента. Планируется использовать для этих целей признаки возможной общности генезиса «вулканических популяций» Южной Америки и Западной Антарктики, на что указывают, в частности, недавние результаты глубоководного бурения океанического дна пролива Дрейка, а так же ожидаемая прогнозируемость слабых землетрясений земных пород, покрытых антарктическими ледниками.

Авторы излагают свои доводы о целесообразности использовать в планируемых экспедиционных работах, в частности, сейсмографы и новейшие технологии подводных исследований, разработанные в Институте кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины с применением оригинальных подвод-

ных автономных аппаратов Консорциума BALROBOTICS, имеющих видеосвязь и специальные технологии искусственного интеллекта (см. рисунок). Создана подводная «система видения» подвижных близких и удаленных объектов в режиме гидроакустического молчания приемо-передатчика. Система не использует излучения в виде каких-либо активных зондирующих (вибракустических) импульсов, но выдает меняющуюся во времени 3D картину обстановки с движущимися или квазистатическими предметами в зоне наблюдения.



РИСУНОК. Исследовательский робот подводного базирования Консорциума BALROBOTICS

**1. О признаках бывшего единства тектонического пояса между Южной Америкой и Западной Антарктикой.** В работе [1] с учетом данных, полученных, в частности, в 21-ом и 29-ом рейсах НИС «Академик Борис Петров» и в экспедиции АНТ-19/5 НИС «Полярштерн», экспедиционными исследованиями в Украинских Антарктических экспедициях (с применением геоэлектрических методов исследований и становления короткоимпульсного зондирования) приведены веские доводы о том, что «с раскрытием океанских ворот Западной Антарктики связывается возникновение Циркум-Антарктического течения, развитие оледенения Антарктиды и общее похолодание климата Земли». При этом в указанной работе [1] отмечается, что «тектонические структуры пролива Дрейка и моря Скоша следует рассматривать как единый тектонический пояс, в котором континентальный мост между Южной Америкой и Западной Антарктикой испытал в прошлом растрескивание и региональные погружения». Авторы [1] также приводят доводы, что по истории формирования осадочного покрова в проливе Дрейка и в море Скоша континентальные мосты были разрушены в прошлом (от 30 до 15 млн. лет назад). В работе [1] указано, что «судя по времени первого прорыва тихоокеанских вод с формированием Циркум-Антарктического течения погружение соответствующего литосферного блока пролива происходило в период 30–22 млн. лет назад, достигая глубины 5000–4000 м».

**2. Гипотеза авторов об ожидаемой корреляции во времени сейсмоактивности Южных Анд и Восточной Антарктиды.** Авторы работы на основании приведенных в п. 1 доводов о возрасте пролива Дрейка (как возникшей, как сказано выше, около 30 млн. лет назад бреши в древней единой вулканической цепи, охватывающей Анды Южной Америки и древнюю вулканическую

цепь нынешнего Антарктического полуострова) выдвигают достаточно правдоподобную гипотезу о вероятной общности базовых тектонических механизмов активности вулканической цепи юга горной цепи Андов и древней вулканической цепи нынешнего Антарктического полуострова. В пользу названной гипотезы авторы статьи свидетельствуют результаты новейших исследований рельефа дна (и ряд геофизических технологий съемок в сочетании со сбором геологических образцов), которые приводятся в [1–4] к предположению о существовании там большого реликта континентального моста между Южной Америкой и Западной Антарктикой-палео Земли Скоша.

В случае справедливости указанной авторской гипотезы о вероятной общности базовых тектонических механизмов современной активности вулканической цепи Южных Андов и древней вулканической цепи нынешнего Антарктического полуострова можно ожидать, что периоды активизации сейсмической активности в ряде районов Антарктиды могут в определенной мере коррелировать во времени с периодами активизации сейсмической активности на юге горной цепи Андов. Хотя на Южном континенте такую сейсмоактивность следует ожидать на значительно более низком энергетическом уровне, чем в Андах.

**3. Об оценке величины риска активизации таяния ледников Антарктиды из-за возможного влияния вулканической активности на Южном континенте.** Для оценки рисков активизации таяния ледников Антарктиды из-за возможного влияния местной вулканической активности (например, при малом энгерговыведении) уместно отметить, что известно, по крайней мере, не менее 36 таких вулканов на этом континенте, из которых один вулкан извергался в XIX столетии, два извергались в XX столетии и два – в XXI столетии.

В связи с задачей прогнозирования землетрясений как вероятных предвестников региональной вулканической активности в недавней работе [5] на примере вулкана Корякский впервые описан и апробирован метод определения механизмов активизации очагов с использованием поляризации первых вступлений  $P$ -волн, который пригоден при прогнозировании слабых (с магнитудой  $M \approx 1$ ) вулканических землетрясений. Поскольку в Антарктической плите следует ожидать прежде всего слабых землетрясений вулканической природы, то работа [5] на близкую тему может представлять интерес и для понимания рисков сейсмичности на Южном континенте в его нынешней стадии вулканической активности.

**4. Об актуальности регулярных целевых экспедиционных наблюдений за упомянутыми процессами проникновения более теплых масс океанической воды в зону ледников континентального шельфа.** В последнее время в литературе и информационных сетях появляются сообщения о признаках ускоренного таяния некоторых прибрежных участков крупных ледников континентального шельфа Восточной Антарктиды, и при этом имеются ряд доводов о формировании своеобразных проходов («туннелей») в основании ряда шельфовых ледников, через которые более теплая вода (привнесенная Циркум-Антарктическим течением) получает доступ в толщу (или под основание) такого ледника, способствуя тем самым более быстрому таянию данного ледяного мас-

сива. В информационных источниках фигурирует немало размышлений о том, что если ускоренное таяние ледников Антарктики превысит некоторые пределы, то это повышает вероятность в конечном итоге появления существенных климатических изменений на планете [4]. В этих условиях приобретает особую актуальность задача организовать регулярные целевые экспедиционные наблюдения за упомянутыми процессами локального проникновения внутрь шельфовых ледников более теплых масс океанической воды. По мнению авторов, следует ориентироваться на использование целевых наблюдений с применением подводных роботов с искусственным интеллектом в зонах под ледниками антарктического шельфа, не доступных надводным исследовательским судам. Такая деятельность представляется целесообразной не только для задач объективного выявления и количественной оценки темпа таяния ледника, но и для выявления первопричин таких явлений. Авторы данной статьи полагают, что одной из таких причин может быть появление значительных трещин в ледниковом массиве из-за некоторых недавних тектонических движений горных пород, на которые опирается донная часть ледникового массива. Альтернативной причиной может оказаться возникновение локального прогрева массива пород (которые выполняют роль ложе для ледника), вызванного первой стадией активизации вулканической деятельности в шельфовых зонах ледников Антарктики. В каждой из двух названных ситуаций можно ожидать достаточно активного таяния тех частей ледника (в его толще или в основании) континентального шельфа, куда будет проникать более теплая вода из Циркум-Антарктического течения.

**5. О рисках землетрясений (ЗТ) в Антарктической плите.** Учитывая задачу прогнозирования землетрясений в вышеуказанной работе [5] на примере вулкана Корякский впервые описан и апробирован метод определения механизмов активизации очагов с использованием поляризации первых вступлений  $P$ -волн, который пригоден при прогнозировании слабых ( $M \approx 1$ ) вулканических землетрясений. Так как в Антарктической плите следует ожидать, прежде всего, слабых землетрясений вулканической природы, то помимо вышеупомянутой методики, описанной в работе [5], уместно напомнить, что активизация очагов землетрясений на данной территории может быть предсказана не только путем измерений поляризации первых вступлений  $P$ -волн и выявления признаков вероятной активизации вулканической деятельности, но и квазипериодическим во времени влиянием на «местную эффективную силу тяжести» из-за суммарного гравитационного влияния движения по орбитам планет Солнечной системы и Луны [6–8].

**6. О ряде признаков ускоренного таяния некоторых участков ледников континентального шельфа Восточной Антарктиды.** Следует учесть результаты исследований Эндрю Ллойда, который установил исследовательские сейсмометры на Западно-Антарктической рифтовой системе и Земле Мэри Бэрд летом в южном полушарии в 2009–2010 гг. Вернувшись в конце 2011 года, он проехал на снегоходе более 1600 км и обработал информацию, полученную его приборами благодаря отражению глубинных землетрясений за период с января 2010 года по январь 2012 года. На основе этой информации была создана карта ско-

ростей распространения сейсмических волн под названной рифтовой долиной. На подобных картах виден гигантский пузырь супергорячей горной породы на глубине почти 100 км под горой Сидли (Берег Хобса) – последнем из цепи потухших вулканов на Земле Мэри Бэрд. К удивлению геофизиков, приборы так же показали наличие горячей горной породы под впадиной Бенгли – глубоким бассейном, расположенным на противоположном конце рифта от Сидли. Высказывалась гипотеза о том, что обнаруженная горячая порода может указывать на то, что эта часть рифтовой системы была активна совсем недавно [9].

**7. Актуальность использования подводных мобильных робототехнических комплексов с элементами искусственного интеллекта для задач проекта.** Доставка измерительных сенсорных комплексов в зону регистрируемого таяния конкретного ледника континентального шельфа (по причине проникновения более теплых океанических вод в толщу ледникового основания) потребует использования соответствующих подводных мобильных робототехнических комплексов с элементами искусственного интеллекта, – типа разрабатываемых при участии разработок одного из авторов данного сообщения, Корнеева С.В., – президента Украинско-польского консорциума (<http://www.baltrobotics.com>). Он соавтор ряда успешных международных проектов по созданию и коммерческому применению подводной интеллектуальной робототехники, включая проекты PETRONAS (Malaysia), DARPA (USA), Hollywood (USA) и многие другие успешно реализованные проекты, потребовавшие доставку интеллектуализированных подводных сенсоров и соответствующих измерительных интеллектуализированных сенсорных комплексов для экстремальных условий морской среды (во многом сходной с зоной таяния конкретного ледника). Корнеев С.В. имеет 3 международных патента, награжден медалями международных конкурсов: Gold Medal of Brussel Exhibition «EUREKA-2006», Medal of DARPA «Grand Challenge-2005» и рядом других престижных международных наград за разработку, изготовление и успешное применение для ряда актуальных задач интеллектуализированных подводных роботов и соответствующих измерительных сенсорных комплексов для подводных роботов. С.В. Корнеев с группой партнеров и сотрудников впервые в мире разработал и успешно испытал технологию подводной видеосвязи, а затем применил эту технологию для инспекции на герметичность морских подводных трубопроводов на нефть и газ (включая видеосвязь для глубин до 300 м и дальность передачи сигналов до 300 м для задач обеспечения катодной защиты подводных трубопроводов по заказу топливно-энергетических концернов Сингапура и других заказчиков).

**8. О тенденциях вариаций площади морского льда на континентальном шельфе Антарктиды и поиске факторов сезонной предсказуемости мощности ледового покрова.** В работе [10] отмечается, что площадь морского льда в Антарктиде увеличивается в течение большинства месяцев года, с максимумом в марте–мае как переходном сезоне с формированием сезонного льда. В течение летнего сезона к западу от Антарктического полуострова обнаружено многолетнее отступление морского льда на фоне значительных межгодовых колебаний.

Аномалия в состоянии ледового покрова сопровождается аномалией в полях температуры воздуха и поверхности океана и обуславливается определенным типом циркуляции атмосферы. Наступание морского льда во время летних сезонов наблюдается на фоне отрицательной аномалии температуры воздуха и южной составляющей ветров. Исследование позволило найти потенциал сезонной предсказуемости аномалии ледового покрова. В число предикторов вошли индекс Эль-Ниньо, индексы региональной циркуляции атмосферы, температура воздуха и морской воды в районе станции «Академик Вернадский». Для оценки развития аномалии нужно выявить момент начала весеннего отступления льда, связанного с переходом температуры морской воды через 0 градусов по Цельсию. Важное прогностическое значение имеет сохранение знака ледовой аномалии в течение сезона. В работе отдельно проанализирована ледовая аномалия летнего сезона 2011–2012 гг., когда на станции «Академик Вернадский» впервые за много лет был прерван плановый ход сезонных работ. Показан тип атмосферной циркуляции, благоприятствующий развитию ледовой аномалии.

**9. Тенденция повышения температуры воздуха региона Антарктического полуострова в течение последних десятилетий, значимая для объективного выявления причин таяния отдельных ледников.** Как известно, климатическая система региона Антарктического полуострова функционирует последнее время в условиях повышения температуры воздуха. При этом временные рамки регионального потепления во многом аналогичны глобальным изменениям, а также потеплению в регионах Северного полушария, в том числе в Арктике, на Аляске, в Центральной Сибири и большинстве стран Европы. С потеплением в первую очередь связано сокращение регионального оледенения, в том числе, разрушение шельфовых ледников. С другой стороны, региональное потепление в регионе контрастирует со слабовыраженными тенденциями в континентальной Антарктике, где покровное оледенение формирует собственный климат из-за удаленности от источников тепла.

В работе [11] затрагивается связь наблюдаемого потепления Западной и охлаждения Восточной Антарктики с данными о неоднородном распределении геомагнитного поля и с результатами изменений плотности озона. Эти результаты созвучны в определенной мере предварительным результатам исследований, проведенным под эгидой НАСА, которые показали, что площадь и масса льдов на южном полюсе Земли не сокращается, а временно растет за счет накопленного за последние 10 тысяч лет снега, – по сообщениям пресс-службы организации. При этом отмечается, что полученные НАСА данные не противоречат тому, что Антарктика теряет все большее количество льда в окрестностях Антарктического полуострова и побережья западной части континента (см., например, выводы работы [12]), но как-будто полученные оценки динамики ледяного покрова в Восточной Антарктике и для внутренних регионов на Западе континента склоняют к гипотезе, что прирост льда в этих районах превышает потери.

**Выводы.** Авторы излагают свои доводы о целесообразности экспедиционных работ в Восточной Антарктиде. По результатам экспедиции предполагается

обеспечить информационную базу для получения средств прогнозирования зон и периодов ожидаемой активизации тектонической и вулканической деятельности на ряде территорий Антарктического континента для изучения наблюдаемых признаков ускоренного таяния некоторых ледников на локальных территориях континентального шельфа [13–16].

1. Schenke H.W., Udintsev G.B. The Central Scotia SeaFloor – is it an Paleo-Oceanic Plate, an young rifted plate or an Paleo-Land Scotia? *УАЖ*. 2009. № 8. С. 36–45.
2. Greku H.W., Gozhik R.F. et al. Atlas of Antarctic deep structure with gravimetric topogrpfhy. *УАЖ*. 2009. № 8. С. 32–35.
3. Удинцев Г.Б., Береснев А.Ф., Кольцова А.В., Доморацкая Л.Г., Шенке Г.В., Отт Н., Бейер А., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. О геодинамике тектонического пояса пролива Дрейка – моря Скоша, Южный океан. *Український антарктичний журнал*. 2011–2012. № 10–11. С. 26–35.
4. Yegorova T., Bakhmutov V., Gorbarenko V., Liashchuk A. New insight into the deep structure of Antarctic peninsula. *УАЖ*. 2009. № 8. С. 46–66.
5. Лемзиков В.К., Лемзиков М.В. Изучение механизмов очагов слабых вулканических землетрясений в период подготовки и извержения вулкана Корякский (2008–2009 гг.). *Вулканология и сейсмология*. 2015. № 6. С. 34–43.
6. Ботт М. Внутреннее строение Земли. М.: Изд-во «Мир». 1974. 375 с.
7. Писаренко Г.С., Писаренко В.Г. О возможной связи процессов разгрузки тектонических напряжений с динамикой Солнечной системы АН УССР. Киев: Институт проблем прочности. 1991. 60 с.
8. Писаренко Г.С., Писаренко В.Г. Некоторые задачи нелинейной механики в геофизике, планетологии и проблем прочности материалов. *Проблемы прочности*. 2000. № 5. С. 85–105.
9. Queen Elizabeth Range. Інформаційна система географічних назв. Геологічна служба США (USGS). [https://en.wikipedia.org/wiki/Queen\\_Elizabeth\\_Range\\_\(Antarctica\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Queen_Elizabeth_Range_(Antarctica))
10. Тимофеев В.К. Диагноз и прогноз ледовых условий в р-не Антарктического полуострова. *УАЖ*. 2013. № 12. С. 93–112.
11. Калифарска Н.А., Бахмутов В.Г., Мельник Г.В. Загадка изменения климата Антарктики и ее связь с геомагнитным полем. *УАЖ*. 2013. № 12. С. 350–357.
12. Третьяк К.Р., Глотов В.М., Голубінка Ю.І. Значення поверхневих об'ємів острівних льодовиків Антарктичного узбережжя як показник зміни кліматичних умов. *УАЖ*. 2013. № 12. С. 93–112.
13. Руленко О.П., Марапулец Ю.В., Мищенко М.А. Анализ проявления связи между высокочастотной геоакустической эмиссией и электрическим полем в атмосфере у поверхности Земли. *Вулканология и сейсмология*. 2014. № 3. С. 53–64.
14. Кузько О.В., Савченко В.В., Фендчук А.П. Національні інтереси України в Антарктиці: кількісні характеристики. *УАЖ*. 2013. № 12. С. 350–357.
15. *Геофизика океана*. Часть 2. Геофизика океана. Глава 5. Тектоника литосферных плит. Гл. ред. Монин А.С. М.: Наука. 1979. 416 с.
16. Писаренко В.Г., Писаренко Ю.В. О задаче распознавания звуковых образов при акустическом общении животных и рыб: обзор информационных материалов для проекта «Антарктические исследования биоразнообразия региона Юного океана в русле программы «Горизонт 2020»». *Темат. сб. научн. статей «Интеллектуальное управление в сложных системах»*. Киев. Вып. 9. 2015. С.17–19.

Получено 27.10.2016