

трикальцийфосфата и гидроксиапатита) в суспензиях биополимеров (хитозане, желатине, агарозе и др.) непосредственно в процессе 3D-печати трёхмерных структур. Такие наноструктурные имплантаты из гибридных композитов обладают пористой структурой с высокими механическими свойствами, и в ходе испытаний они показали клиническую эффективность. Та же научная группа создала конструкции с биоинспирированной поверхностью, содержащей белки, факторы роста. Для улучшения на поверхности минерал-полимерного каркаса сорбции биологически активных веществ (остеогенных факторов) из биологических жидкостей материаловеды предложили специальную методику её модифицирования.

Отдельно стоит сказать об исследованиях, направленных на решение достаточно серьёзной клинической проблемы — существенно разных биологических эффек-

тах, наблюдаемых при имплантации кальций-фосфатных материалов: от успешного образования новой собственной костной ткани до полного отторжения имплантата, сопровождающегося разрушением здоровой окружающей костной ткани. Работы, выполненные на животных, выявили, как эти эффекты зависят от параметров кристаллической решётки материала, его фазового состава и морфологии. А также какие фазовые трансформации в кальций-фосфатных соединениях стимулируют воспаление и отторжение имплантатов.

Мargarита Гольдберг и Анастасия Тетерина за работу «Вклад в развитие научных основ технологии керамических, полимерных и композиционных материалов для имплантологии» удостоены премии Правительства Москвы молодым учёным за 2021 год в номинации «Технические и инженерные науки».

ПОСЛУШАТЬ ШУМ ЗЕМЛИ

Снедавних пор Арктика стала регионом активного исследования и освоения. Ведь в высоких широтах таятся огромные природные ресурсы. Эффективная деятельность в арктическом регионе невозможна без постоянного мониторинга, оперативных сведений о состоянии окружающей среды — геологических структурах, ледовом покрове и водном слое. На сегодняшний день геофизические методы мониторинга хорошо работают в отсутствие льда на водной поверхности. Ледовые же условия значительно усложняют сейсморазведку. И хотя в последние десятилетия ареал незамерзающей водной поверхности в Северном Ледовитом океане значительно увеличился из-за глобального потепления климата, минимальная ежегодная площадь ледового покрова остаётся значительной. Например, в 2021 году она была 4,81 млн км².

Геофизический мониторинг (сейсморазведка) при наличии льда на морской поверхности требует использования спе-

циализированных судов и дорогостоящих мощных излучателей — источников волн*, возбуждающих в толще горных пород или донных осадков упругие волны, анализируя которые получают полезную геолого-геофизическую информацию. Поэтому сезон полевых работ на арктическом шельфе часто ограничен несколькими месяцами в году. Кроме того, использование мощных излучателей так или иначе наносит вред экологии.

Выход — в использовании так называемых *пассивных технологий* или, как их ещё называют, технологий пассивного зондирования. В этих технологиях активные (искусственные) источники не используются, а в качестве полезного сигнала рассматриваются естественные шумы. Такими естественными сигналами могут быть микросейсмический шум, происхождение которого связано с удалёнными возмущениями в

* В качестве источников волн в сейсморазведке служат импульсные ударные воздействия на горные породы, а также взрывы зарядов тротила в неглубоких скважинах. При изучении донных осадков используют гидролокаторы, небольшие пневмопушки и электроискровые излучатели.

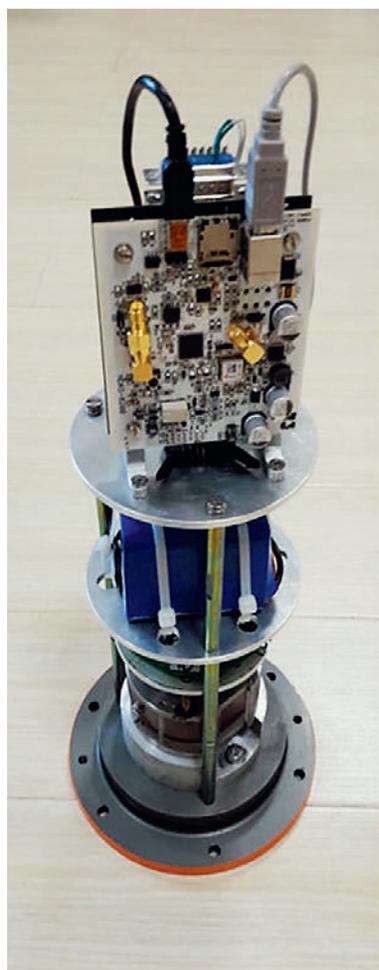


Фото Дмитрия Преснова

Вмораживаемый геогидроакустический буй, установленный в ледовом покрове озера Байкал. Для защиты от ветровой помехи во льду вырубалась специальная лунка диаметром 25 см и глубиной 60 см, в которую для выравнивания по горизонтали на подложку из песка устанавливался датчик. Слева — общий вид датчика без корпуса, справа — установленный во льду датчик (вид сверху).

атмосфере и океане, ну и, конечно, землетрясения. Их преимущество не только в отсутствии необходимости использования судов ледового класса (если говорить об арктическом регионе) и искусственных источников, но и возможности автономных наблюдений без участия человека. Благодаря этому можно проводить длительные эксперименты (от нескольких месяцев до года) в труднодоступных районах.

Научная группа Института физики Земли РАН, в которую вошёл кандидат физико-математических наук Дмитрий Преснов, для

таких исследований разработала новый геофизический буй ледового класса. По сути это полностью автономная система записи сейсмогидроакустических данных. Основа системы — молекулярно-электронный преобразователь**. Преимущество таких преобразователей перед электромеханическими устройствами — компактность, надёжность и, что очень важно, — простота в установке. Они слабо чувствительны к углу наклона, что особенно ценно на неустойчивой поверхности, будь то ледяной покров или морское дно. Разработанные буи испы-

тали в обсерватории Единой геофизической службы РАН и в натуральных ледовых условиях Ладожского озера и озера Байкал. Система оказалась достаточно чувствительна (к микросейсмическому шуму) в широкой полосе частот, обладает большим динамическим диапазоном***. (Речь идёт о диапазоне детектируемых шумов примерно от 0,03 до 50 Гц.) Поступающая в систему информация оцифровывается, записывается во внутреннюю память и оперативно передаётся. Инновационные геогидроакустические буи подходят для наземных и подводных сейсмических исследований, а также и в ледовых условиях. В последнем случае буй вмораживается в лёд. Так как буи приспособлены к длительной работе в автономном режиме, с их помощью можно накапливать большой объём информации, на основе анализа которой оценивать параметры ледового покрова и вести дистанционный мониторинг льда.

На суше методы пассивной сейсмоакустической томографии себя уже зарекомендовали, а вот применение их для глубинного зондирования дна океана — достаточно новая задача. «Пассивная технология в последние годы довольно широко ис-

пользуется в наземных сейсмологических исследованиях, в частности для изучения глубинного строения вулканов, — говорит Дмитрий Преснов. — Мы перенесли эту методику под воду, когда используются донные сейсмические станции (и ещё — на лёд). Это сейчас пытаются делать многие исследовательские группы, в основном в США». Речь о том, что можно попытаться оценить характеристики геологических структур слоистого дна, регистрируя фоновый сейсмоакустический шум, формирующийся на дне океана. Сотрудники Института физики Земли РАН регистрировали этот шум с помощью донных станций, расположенных друг от друга на расстоянии 900 км. Эксперименты проводили в районе Гавайских островов. Как пояснил Дмитрий Преснов, расстояние между приёмниками определяет «глубинность» исследования. Больше расстояние — больше глубина.

Для получения характеристик донных геологических структур геофизики анализировали скорость поверхностной волны Шолте, распространяющейся вдоль границы водной толщи и дна океана. Скорость этой волны зависит от параметров сред, расположенных на глубине. Данные накапливали в течение трёх месяцев. Полученные результаты (кстати, полученные впервые в мире) подтвердили возможность использования таких измерений для исследования динамики геологических структур в региональном масштабе.

За «Цикл работ, направленных на разработку пассивной сейсмоакустической технологии мониторинга неоднородностей арктического шельфа» Дмитрий Преснов удостоен премии Правительства Москвы молодым учёным за 2021 год в номинации «Науки о Земле».

**Молекулярно-электронный преобразователь содержит электрохимическую ячейку с электродами, погружёнными в электролит. Электролит выполняет роль инерционной массы, реагирующей на сейсмические колебания. При движении электролита в ответ на колебания меняется концентрация носителей заряда и регистрируется дополнительный электрический ток.

***Динамический диапазон — логарифм отношения максимального и минимального возможных значений величины входного сигнала устройства. Минимальное значение обычно определяется уровнем собственных шумов или внешних помех в устройстве, а максимальное — перегрузочной способностью системы.

АЭРОГЕЛЬ ЗА ПОРОГОМ ЛАБОРАТОРИИ

В сказке про Золушку её роскошная карета ровно в полночь превращается в тыкву — здесь нет никакой химии (и даже

агрехимии), чистая магия. Однако, как говорил писатель-фантаст Артур Кларк: любая достаточно развитая технология неотличима от магии. И химическая технология — не исключение, особенно когда с её помощью получается сделать, казалось бы, невозможные вещи. Например, высу-