

куда-то ее выбрасывают. Окрестные вулканы брали грязь из-под городов, а потом ею же частично их и накрывали. Образовался Таманский залив. Сейчас основные древние города или их значительная часть находятся на дне этого залива.

Об этом нам рассказал Андрей Васильев, руководитель и организатор подводной экспедиции, исследовавшей Таманский залив. Он искал технические средства для подводного поиска греческих городов-полисов и заинтересовался нашим радаром, зная, что мы успешно работаем на пресных водоемах с поверхности воды.

Когда поняли, что вода в заливе морская и соленость ее составляет 16 промиллей, - уверенно заявили, что это невозможно, и об этом написано в учебниках: радиоволны метрового диапазона в таких средах не распространяются — слишком высока проводимость. Потом задумались, поскольку вспомнили, что то же самое написано и про глину, хотя на практике знаем, что это не так. Решили попробовать.

Использовали схему измерений для пресных водоемов: поместили антенную систему в резиновые мешки и поставили на плот. К нашему удивлению, до глубины воды 30 — 40 см. радар неплохо работал! Для ярких объектов, расположенных ниже уровня дна, глубина воды могла достигать одного метра! После проведенных экспериментов стало ясно, что морской радар возможен, но он должен располагаться не дальше метра от уровня дна.

Электромагнитные волны имеют две компоненты: электрическую и магнитную. Излучать их можно двумя способами: возбуждая электрическое поле (антенна — диполь) или магнитное (антенна — виток). Возможен и смешанный тип антенн, но он малоинтересен для георадара.

При обычной локации, когда почва зондируется с поверхности земли (или воды), применяются электрические антенны — диполи. По законам электродинамики, такие антенны, расположенные на границе двух сред, основную энергию излучают в более плотную среду, т.е. в почву или воду. Магнитная антенна в этом случае излучает энергию в противоположном направлении, в воздух, что противоречит задачам георадиолокации.

Дальнейшие эксперименты решили проводить с хорошо нам известными электрическими диполями, загерметизировав их в ящиках так, чтобы сверху них был воздух или среда менее плотная, чем вода. Напомним, что диэлектрическая проницаемость («электромагнитная плотность») воды максимальна среди обычных природных веществ и составляет 81.

Ящики были изготовлены из оргстекла. Их мы заполнили песком, насыпанным во множество матерчатых мешочков, для того, чтобы уменьшить плавучесть и электромагнитный резонанс. Когда на пляже детскими лопатками насыпали песок в мешочки, дети смотрели на нас с пониманием.

Но плавучесть прибора все равно была велика, и пришлось догружать его камнями. Камни брали на «Батарейке» (раскопе римской крепости), грузили на джип, везли до пляжа и сбрасывали в море, чем вызвали, как мы потом узнали, дискуссию среди местного населения об уровне наших умственных способностей и попытку понять, что же мы делаем.

Ящики утопить удалось. Сделали несколько профилей, прибор работал нормально. Но все заканчивалось тем, что из-за небольшого крена камни сползали с ящиков, и вся конструкция вместе с нами выпрыгивала из воды. Я никогда не видел аварийного всплытия подводной лодки, но, думаю, что у нас получалось что-то похожее. У детей мы окончательно завоевали авторитет - наше неожиданное появление на поверхности вместе с ящиками приводило их в полный восторг!

Зиму посвятили разработке и изготовлению морских антенн. Это была конструкция подводной безэховой камеры. За разработку ее с огромным энтузиазмом взялись два старейших сотрудника одного из предприятий, еще помнивших эру военных заказов. Особенно их удивила наша просьба сделать антенну как можно тяжелее:

- Ваши требования диаметрально противоположны тому, что мы слышали на протяжении всей нашей трудовой деятельности!

В качестве поглотителя радиоволн были использованы бетонные блоки специальной формы с различными проводящими присадками, собственноручно изготовленные разработчиками:

- А мы уже и надежду потеряли, что наши знания кому-то потребуются!

Антенная система показала великолепные результаты, подтвердившие возможность морской радиолокации для археологических исследований, но была малотранспортабельна: ее вес составил более пятисот килограммов. Использование такой антенны на мелкой воде и среди водорослей было очень проблематично.

После первых же измерений стало понятным, что надо отказываться от привычных электрических антенн и переходить к магнитным. Дело в том, что на границе раздела вода-дно излучение магнитной антенны направлено в сторону дна, как в менее плотную по отношению к воде среду. При такой антенне безэховая камера, имитирующая воздушное пространство, уже не нужна.

Но мы пошли еще дальше — стали использовать саму воду в качестве проводника, по которому течет ток. Бокс, теперь предназначавшийся только для герметизации приемника и передатчика, стал маленьким и легким. По бокам его установлены электроды, подводящие сигналы от магнитной антенны, в качестве которой выступает морская вода.

Характеристики такой антенны оказались уникальными.

Во-первых, отсутствует «звон», определяемый ограниченными размерами антенны.

Во-вторых, «антенна» очень плотно прилегает ко дну, формируя хорошую диаграмму направленности.

Морской георадар новой конструкции легко буксируется моторной лодкой.

Среди задач, решенных морским радаром, можно выделить съемку на протяжении 42 км части Киммерийского вала, погрузившегося на дно залива.

Вероятно, мы были первыми, кто использовал георадар в морской воде. На конференции в Голландии после доклада за мной вышел почти весь зал — такой он вызвал интерес.

В аэропорту американец, участник конференции, не запомнивший моей фамилии, обратился ко мне как «Mister Underwater GPR» (Мистер Подводный Георадар).

При отработке методики подводных съемок периодически возникала необходимость наблюдать поведение радара на дне. Хотя с нами работали опытные дайверы, хотелось все видеть самому. По этому поводу прошел курс обучения в клубе «Акванавт». Занятия проходили в шестиметровом (это глубина) бассейне спорткомплекса «Олимпийский». Экзамены на «открытой воде» проходили в Египте, в Шарм-ал-Шейхе.

Сегодня у инструктора по дайвингу день рождения и он пригласил всех распить бутылку шампанского на дне Красного моря.

Корабль отошел от кораллового рифа в сторону берега и остановился там, где песчаное дно и глубина пятнадцать метров.

Все попрыгали за борт и собрались вокруг юбиляра. Тот на поверхности открыл бутылку, и, прикрыв ее пробкой, показал всем знак: большой палец вниз — погружение.

На дне все сдули свои жилеты-BCD, чтобы чувствовать под ногами твердую почву, и встали на коленях в кружок. Под водой эта поза — самая устойчивая.

Бутылка идет по кругу. Она горлышком вниз. Очередной участник торжества ее берет, вынимает изо рта загубник, открывает пробку и, в позе горниста на коленях, делает небольшой выдох. В ответ получает

порцию шампанского, иногда, правда, смешанную с морской водой. Но все равно весело!

Потом были соревнования по бегу на дне. Использовалась олимпийская система отбора. Снимали ласты, отдавали соседу и пытались бежать. Трудное это дело! Всех, кто вставал на четвереньки, снимали с забега за неспортивное поведение. Победил молодой парнишка, родители которого тоже участвовали в банкете. Победил, наверное, потому, что на глазах у родителей не решился на употребление алкоголя. Общеизвестно, что алкоголь и спорт несовместимы!

Когда всплыли, все продолжали дурачиться и хором запели:

*«Шумел камыш, деревья гнулись,
И ночка темная была.»*

Эпизод 26.

Деревня Мякинино

Сейчас здесь торгово-выставочный центр Крокус-сити, а когда-то была деревня Мякинино, сразу за МКАД, на излучине Москвы-реки. Когда проезжаю по кольцевой мимо, в памяти всегда возникает это название.

Нас попросили помочь в охранных раскопках, которые надо сделать быстро: после начала строительства Крокус-сити с археологией на этом участке будет покончено.

Впрочем, и обычные раскопки — это уничтожение исторического памятника. Конечно, все фиксируется и «заносится на скрижали», но памятник безвозвратно теряется.

Среди археологов периодически обсуждается вопрос, стоит ли копать сейчас, может, следует оставить это потомкам, когда способы исследований будут совершеннее? Даже в итальянском Помпеи, где, казалось бы, освобождение города от вулканического пепла его восстанавливает, такой вопрос стоит: здания начинают разрушать дождь, ветер и солнце.

Вопрос этот спорный, и, наверное, как всегда, истина посередине.

В.П. Чкалову говорили, что лететь сейчас через Северный Полюс — безумие, надо подождать, когда техника станет совершеннее, на что он отвечал:

- Если я не полечу — она не станет совершеннее. Мой полет как раз и заставит ее совершенствоваться.

Одним из возможных вариантов развития археологических методов может быть неразрушающая съемка подземных объектов с помощью георадара.

Наверное, на Куликовом поле следует выборочно раскопать небольшое количество захоронений с проведением тщательного физико-химического анализа праха, а основные братские могилы оконтурить с помощью георадара. Частично мы это уже сделали.

В Мякинино нас попросили найти придомовые ямы, которые служили подвалами деревянных домов. В них всегда много находок: монеты, потерянные крестики, посуда, ножи, обувь, иногда попадаются клады.

С песчаной косы открывается красивый вид на Москву-реку и окрестности. Сопровождающий нас археолог подтвердил, что наши предки всегда для поселений выбирали самые красивые места:

- Увидишь красивый пейзаж — наверняка здесь было древнее поселение.

- Смотри под ноги и, чаще всего, обнаружишь кусочки керамики, на которые неспециалист даже и внимания не обратит.

От домов, конечно, ничего не осталось — Древняя Русь была деревянной. Дома удобны для проживания и полезны для здоровья, но недолговечны.

Сделали площадную съемку указанного участка, домовые ямы обнаруживались четко. Заодно провели эксперименты по расположению антенн над землей.

В георадиолокации существует принцип: чем ближе антенна к земле — тем лучше результат съемки. Почти всегда так. Приближение антенны к границе воздух — грунт формирует максимально направленную вниз диаграмму излучения. Но основной эффект заключается не столько в увеличении излучаемой энергии в почву, сколько в уменьшении излучаемой энергии вверх, в воздух. Хотя в воздух обычно излучается небольшая доля энергии, но здесь практически нет затухания, и воздушная волна может быть очень сильной

В Мякинино почва песчаная, а местные предметы удалены на расстояние больше, чем три глубины зондирования. Правило «три глубины» гарантирует отсутствие помех от воздушных объектов, поскольку скорость распространения радиоволны в почве примерно в три раза ниже, чем в воздухе. Поднимая антенну вверх на высоту один метр, мы не заметили большой разницы в качестве «картинки» по отношению к привычному для нас способу — постановке антенны на землю. Высокое

положение антенны для нашей аппаратуры может оказаться полезным — начинают лучше фиксироваться мелкозалегающие предметы, поскольку сигналы от них по задержке выходят из зоны мощного зондирующего импульса, который часто приводит к перегрузке приемника.

Иногда небольшой, в несколько сантиметров, подъем антенны оказывается полезным, если приповерхностный слой сильно меняет свои свойства по трассе. Этот слой формирует диаграмму направленности антенны и изменение его свойств приводит к изменению диаграммы, что может вызвать ненужную модуляцию отраженных сигналов. Вряд ли случаев подъем антенны способствует улучшению результатов, поскольку влияние приповерхностного слоя уменьшится.

Археологам мы помогли ускорить раскопки, а для себя отработали элементы методики по обнаружению мелкозалегающих объектов. Никаких выдающихся достижений. Но с тех пор, когда проезжаю по кольцевой мимо Крокус Сити, всегда в памяти всплывает название: деревня Мякинино.

Со школьных времен помню еще одну забытую деревню на берегу реки Обноры в Ярославской области, не так далеко от города Любима.

Нас разбудило громкое соловьиное пение. Соловьи были где-то совсем рядом, в кустах сирени.

Вчера шли по берегу Обноры, забрасывая удочки. Уже в полной темноте разожгли костер и возле него уснули.

Солнце поднялось над горизонтом и разгоняло туман. Стал виден другой берег. Сергей Жушковский, оглядывая окрестности, сказал:

- Мы дошли до дома бабы Мани. Он должен быть где-то здесь. Пойду посмотрю.

Через некоторое время:

- Ребята, сюда!

От деревни остался всего один дом. Постучали. Послышались шаги. Не задавая вопросов, старушка открыла дверь и запричитала:

- Ой, радость-то какая! Ой, спасибо, касатики, что зашли! Слышу — стучат. Если стучат — значит люди. Волки не могут стучать. Проходите-проходите. Я вас угощу молочком, сметанкой, творожком!

Баба Маня не могла наговориться:

- А я волков уже не боюсь. И коровка моя не боится. Они до нее зимой пытались через крышу добраться. А я мужичков попросила, и они укрепили потолок омшанника. Мне на окна сделали ставни. А одно время, когда они были под окнами, было жутко. А теперь не боюсь.

- Мне председатель говорит: «Баба Маня, давай мы тебя перевезем на центральную усадьбу вместе с твоим домом. У тебя ведь даже электри-

чества нет. Не можем же мы для тебя одной тянуть линию за десять километров».

- А ведь у меня здесь и родители похоронены, и старик мой. Я-то может быть и пережила бы переезд, а вот коровка нет. Мы с ней гуляем по здешним лужкам и поляночкам с тех пор, когда она еще теленочком была, и разговариваем. Она все понимает. Она переезда не переживет. А волков мы с ней не боимся.

Эпизод 27.

Георадар воздушного базирования

Идея поднять георадар в воздух с помощью авиационной техники возникает всегда, когда возникает задача обследования больших площадей. Наземный способ георадарной съемки в таких случаях занимает много времени, а иногда и просто невозможен.

С высоты доступными для обследования становятся непроходимые болота и леса, тундра, степи и горы. Но для этого надо решить ряд технических проблем, самая главная из которых - пространственная селекция принимаемых сигналов.

В обычной наземной радиолокации эта проблема отсутствует, здесь точка зондирования определяется положением антенны на земле.

Поднятые на высоту передающие антенны георадара излучают, а приемные антенны принимают сигналы со всех сторон, земля никак не участвует в формировании их диаграммы направленности.

Тем не менее, земная поверхность, если она плоская, помогает решить задачу подземной радиолокации. Плоская земля для радиоволн является зеркалом и отражает назад, в сторону радара, только те волны, которые падают на нее вертикально. Остальные волны уходят в космос, т.к. угол падения равен углу отражения. На земле возникает «пятно», которое в электродинамике называют «зоной Френеля», или областью пространства, определяющей отраженные от поверхности и от подземных неоднородностей волны.

Мощность передатчика здесь расходуется не эффективно. Зона Френеля облучается только небольшой частью диаграммы антенны, да и то больше половины этой энергии отражается границей воздух-земля