



Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Материалы
VI Научно-практической конференции
с международным участием

При поддержке гранта РФФИ

Томск 2015

27-30 мая

УДК 621.391.244

**ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ СРЕДЫ
ОБИТАНИЯ ЦОКОРА
(PROCESSING AND INTERPRETATION OF GEOLOCATION DATA OF ZOKOR
ENVIRONMENT)**

В.В. Генералов, А.С. Запасной, А.В. Клоков
V.V. Generalov, A.S. Zapasnoy, A.V. Klokov

Национальный исследовательский Томский Государственный университет
пр. Ленина, 36, Томск, 634050, тел.: (3822) 413675,
E-mail: valeragicha@mail.ru

В данной работе приводятся результаты георадарных исследований среды обитания цокора. Описывается пошаговое проведение эксперимента и обработка данных с помощью метода дифракционного суммирования. Приводятся результаты обработки.

(The paper presents the results of investigations of georadar environment zokor. Described step by step the experiment and data processing using the diffraction summation method. The results of the data processing are shown.)

Ключевые слова:

Цокор, георадар, геолокация, радарограмма, фокусировка.
(Zokor, georadar, geolocation, radarogram, focusing.)

Цокор – род грызунов семейства слепышовых, живут под землёй, роют тоннели с помощью массивных когтей передних лап. Цокоры — средние по своим размерам грызуны: длина тела у них составляет 16—27 см, длина хвоста доходит до 7 см. Туловище имеет вальковатую форму, шейный перехват отсутствует. Ушных раковин у них нет, глаза цокоров очень маленькие, а на конце морды выделяется оголённый ороговевший кусочек кожи. Конечности короткие, причём передние конечности несут длинные острые когти, подошвы и ладони — голые. Шерсть густая и короткая, очень мягкая; окрас её однотонный — от палево-охристого до серовато-коричневого цвета. При этом передняя часть головы — белёсая. Цокоры могут вредить огородному и луговому хозяйству своей роющей деятельностью. Являются второстепенным объектом пушного промысла. Почти всё своё время проводят под землёй, где роют сложные многоярусные норы длиной 50 — 100 метров [1]. Так или иначе, они являются активным объектом биоты почвогрунтов - одной из составляющей биологического разнообразия животных земли. Понимание биоты цокора - единственного землероя Томской области – чрезвычайно важно для понимания его роли в иерархии развития животного мира Земли вообще.

Активное наблюдение за цокорами – это отлов или вскрытие нор. При отлове цокоры травмируются. При раскопке нор будет нарушено сложившееся равновесие в природе. Более перспективным представляется другой способ, когда под землю можно заглянуть с помощью приборов, не причиняя вред окружающей среде.

Действуя в этом направлении ученые Томского университета в июне 2014 года проводили георадарные исследования в Кожевниковском районе, близ деревни Новопокровка на полях сельскохозяйственного назначения. На поле было обследовано два участка с явно выраженными следами жизнедеятельности цокора – присутствовали явные следы выходы цокора на поверхность. Размеры участков составили: 4 x 4 и 7,5 x 4 метра. Для зондирования почвы и обеспечения надлежащего разрешения была выбрана радарная подсистема ОКО-2 с биполярными зондирующими радио импульсами, имеющими среднюю частоту в спектре излучения 1700 МГц. Расчетная глубина зондирования при этом имеет порядок одного метра, а разрешающая способность по глубине - около трех сантиметров [2]. Данное разрешение

должно позволить увидеть ходы цокора, а может быть, и самих животных. На рис. 1 показаны рабочие моменты по организации и проведению георадарных измерений.

Для получения подповерхностного изображения необходима точная привязка координат местоположения георадара на поверхности. Относительное положение вдоль прямой зондирования осуществляется штатными средствами локатора – имеется контрольное колесо, совмещенное с датчиком перемещения, позволяющее обороты переводить в пройденный путь. Перемещение в поперечном направлении приходится контролировать самостоятельно, поэтому перед зондированием каждая площадка размечалась.



Рис. 1. Георадарные измерения среды обитания цокора

Исходя из диаграммы направленности антенны и длительности импульса георадара, был выбран шаг сканирования в продольном и поперечном направлениях. Так зондирование проходило с шагом 0,022 м вдоль направления перемещения геолокатора и 0,2 м – в поперечном направлении. Разметка проводилась капроновой нитью: вначале строился прямоугольник заданных размеров, затем с выбранным шагом натягивалась нить на реперные точки в продольном направлении (рис. 2 а). При таком подходе существуют ещё несколько неопределенностей, одна из них связана с поиском нулевого отсчёта по глубине, т.к. геолокатор не плотно прижимался к земле, а вторая – необходимость выравнивания данных вдоль направления движения радара на поперечных трассах. В этом случае для минимизации ошибок определения координат была использована растянутая металлическая рулетка вначале трассы перпендикулярно движению локатора (рис.2 б). Т.к. она прилегала к земле, то в дальнейшем, при обработке служила нулевым уровнем и по вертикали относительно земли, а также началом отсчета геолокационных трасс в продольном направлении. Всего, на каждой площадке, было проведено по 21-ой параллельной трассе в продольном направлении. На каждой трассе замеры рассеянного поля производились в 350-ти точках. Для повышения отношения сигнал/шум измерения в каждой точке зондирования проходили 9 раз, что соответствует увеличению отношения сигнал-шум в 3 раза. На рис.2 приведены первичные данные геолокатора ОКО-2.

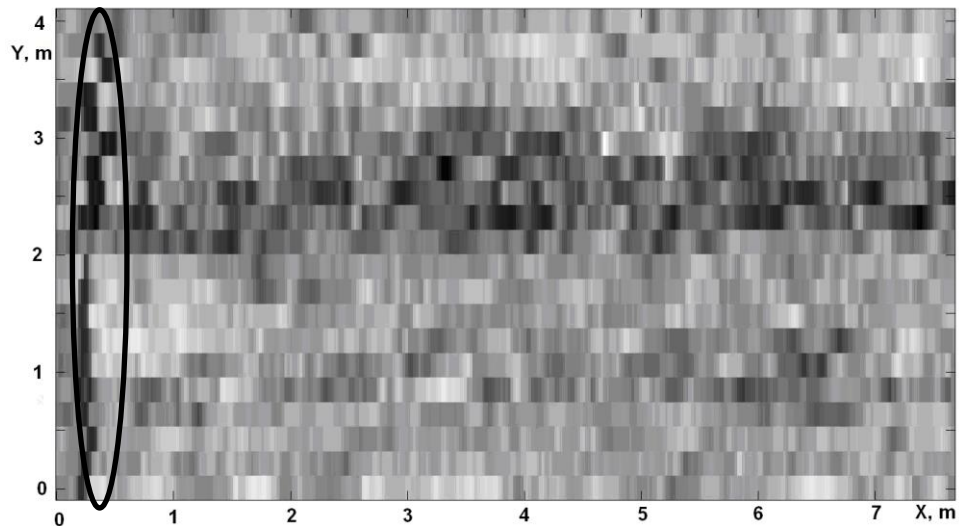


Рис. 2. Исходный геолокационный профиль исследуемой площадки (положение рулетки помечено овалом)

Видно, что на нулевой глубине след от рулетки (помечен овалом) имеет разрывы в направлении движения радара. Этот сдвиг связан с разной начальной позицией геолокатора на поперечных трассах.

Дальнейшая адекватная интерпретация данных возможна только после проведения процедуры выравнивания трасс относительно рулетки. Для этого выделялась область вокруг рулетки, затем находили коэффициенты корреляции трасс относительно друг друга, которые переводились в отсчеты для сдвига трасс. Результат такой обработке представлен на рис. 3. На этом рисунке след от рулетки действительно располагается перпендикулярно трассам и не имеет существенных разрывов.

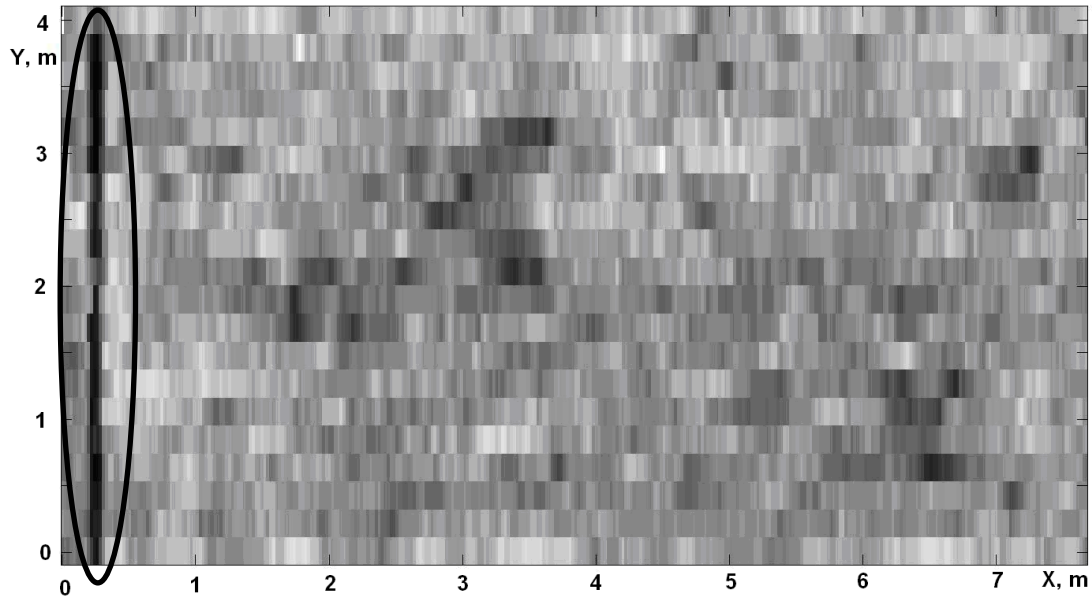


Рис. 3. Геолокационный профиль исследуемой площадки после выравнивания данных (положение рулетки помечено овалом)

Дальнейшая обработка состоит в фокусировке изображения, полученного с помощью метода синтезирования большой апертуры. Но перед ее применением следует учесть экспоненциальное ослабление излучения с глубиной при проникновении в почву. Зондируемый почвогрунт содержит определенное количество влаги, которая вызывает это ослабление радиосигналов с глубиной проникновения излучения в среду. Это можно сделать лишь в среднем для фоновой среды. Последовательность операций следующая: при каждом положении геолокатора временные записи рассеянных сигналов преобразуются в амплитуды аналитического сигнала, а затем усредняются по всем положениям (рис. 4).

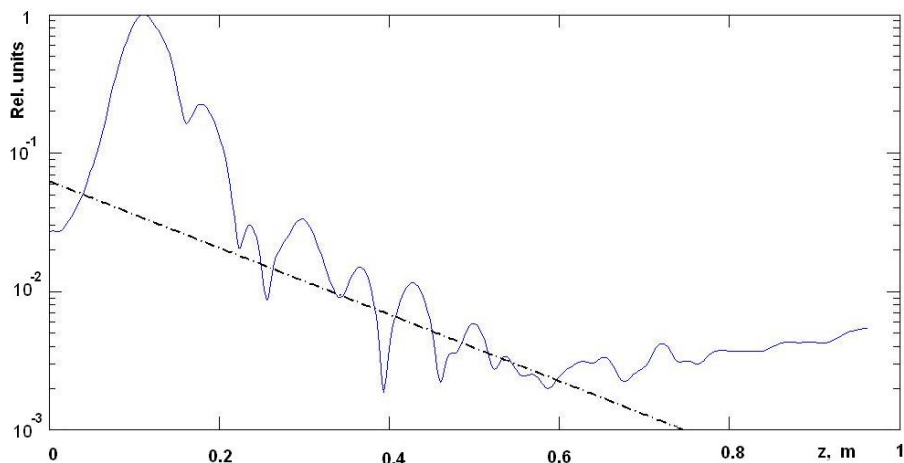


Рис. 4. Экспоненциальное ослабление излучения

В предположении экспоненциального затухания сигналов усредненная зависимость должна аппроксимироваться наклонной прямой с использованием полулогарифмического масштаба. Соответствующая наклонная прямая на рис. 5 построена с использованием метода наименьших квадратов [3]. Видно, что начиная приблизительно с глубины 0,7 м экспоненциальный ход нарушается и сигнал как бы начинает возрастать. Однако этот рост связан с накоплением интенсивности шумов измерений. Отсюда следует, что данным с глубины более 0,7 м не стоит доверять. Таким образом, коррекция этого ослабления путем перенормировки всех измеренных сигналов на усредненное экспоненциальное убывание позволяет выровнять между собой вклад всех слоев в диапазоне глубин от 0 до 0,7 м.

Последний шаг в обработке данных геолокации состоит в послойной фокусировке изображений, полученных с использованием метода дифракционного суммирования, основанного на суммировании амплитуд вдоль гиперболы и заключающегося в последовательном сканировании точек рассеяния в среде. Для каждой точки рассчитывается форма дифракционной гиперболы, которая рассчитывается как время задержки рассеянного импульса в зависимости от положения зондирующей системы. Результаты георадарных измерений показаны на рис. 5 и рис. 6 для участков 7,5 x 4 и 4 x 4 метра, соответственно. Горизонтальный ход, по которому перемещается цокор, под землёй наглядно представлен последовательностью прямоугольников. Местоположение нор, наблюдаемых на поверхности, отмечено кружочками.

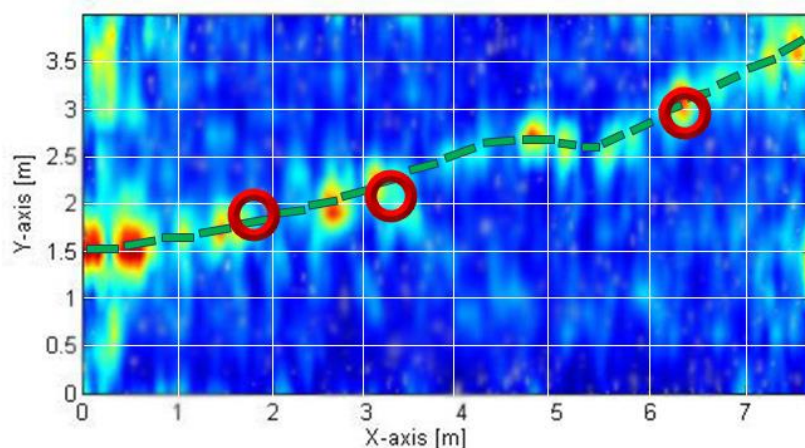


Рис. 5. Георадарный разрез горизонтального хода цокора на глубине 0,3 м

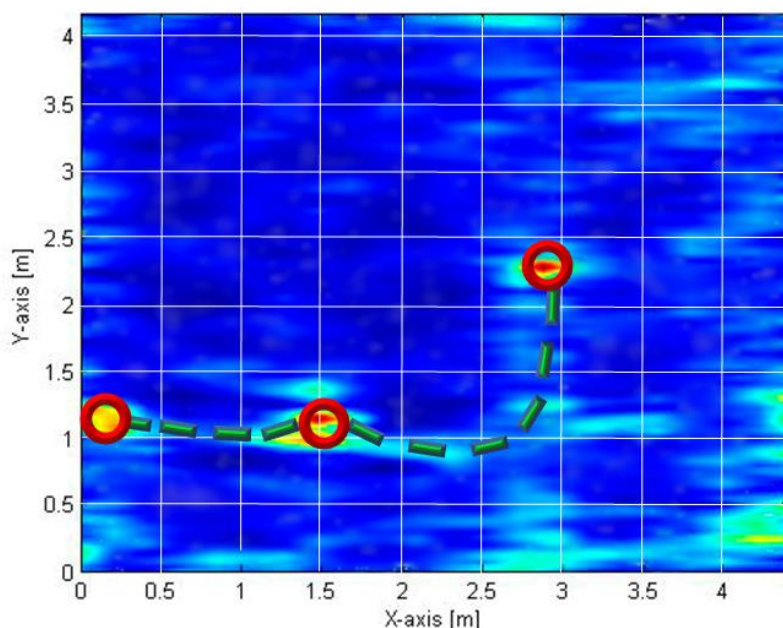


Рис. 6. Георадарный разрез горизонтального хода цокора на глубине 0,3 м

Использование георадара для исследования среды обитания животных, живущих под землей, является важным и перспективным направлением, так как удастся избежать вреда причиняемого при отлове самих животных, за счет перекапывания большой площади земли, что ведет к нарушению их естественной среды обитания.

Была исследована среда обитания животных, живущих под землей. Доказано, что использование георадара в этих целях является более безопасным.

Работа выполнена по программе повышения конкурентоспособности Национального исследовательского Томского государственного университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Википедия [Электронный ресурс]/ Цокоры – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%80%D1%8B>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
2. Инструкция по эксплуатации радиотехнического прибора подповерхностного зондирования (георадар) «ОКО-2». – М.: ООО «Логические системы», 2011. – 98 с.
3. Якубов В.П., Шипилов С.Э., Суханов Д.Я., Клоков А.В. Радиоволновая томография: достижения и перспективы. Томск: НТЛ, 2014. – 264 с.

Сведения об авторах:

Генералов В. В.: г. Томск, Национальный исследовательский Томский государственный университет, студент специалист, геолокация.

Запасной А. С.: г. Томск, Национальный исследовательский Томский государственный университет, доцент, радиолокация, геолокация.

Клоков А. В.: г. Томск, Национальный исследовательский Томский государственный университет, доцент, сверхширокополосная радиотомография, радиолокация, геолокация.