

УДК 550.8

DOI: 10.46698/VNC.2026.12.37.001

Оригинальная статья

Георадиолокационные исследования дольменов Черноморского побережья Кавказа: первые результаты и методические аспекты

А.А. Аверин¹, А.В. Дмитриев², Д.Е. Едемский¹, В.Б. Заалишвили³,
А.М. Корженков⁴, А.С. Ларьков⁴, А.Н. Овсяченко⁴,
А.В. Попов¹, И.В. Прокопович^{1,5}

¹ Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В. Пушкова РАН, Россия, 108840, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, 4,
e-mail: deedemsky@gmail.com;

² Свободный исследователь, Россия, г. Новороссийск, e-mail: al.misxako@yandex.ru;

³ Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН, Россия, 362002,
г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: vzaal@mail.ru;

⁴ Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Россия, 123242,
г. Москва, ул. Б. Грузинская, 10, стр. 1, e-mail: ovs@ifz.ru;

⁵ МИРЭА – Российский технологический университет, Россия, 119454,
г. Москва, пр. Вернадского, 78

Статья поступила: 31.03.2026, доработана: 23.07.2026, принята к публикации: ...2026

Резюме: Актуальность исследования обусловлена необходимостью неразрушающего изучения архитектурного контекста дольменов Западного Кавказа, чья периферийная зона (выравнивающие площадки, крепиды, рвы) остается слабо изученной из-за инвазивности традиционных раскопок. **Цель** – получение первых данных о скрытых в грунте строительных элементах и оценка эффективности георадиолокации (GPR) для их выявления на ключевых памятниках (Джубга, Жане 2, Дугуаб 1). **Методы** включали площадную съемку с антеннами 50 и 150 МГц, обработку радарограмм и спектральный анализ пиковой частоты для дифференциации техногенных и естественных отложений. **Результаты:** на всех объектах идентифицированы строительные горизонты и террасы; для Жане 2 оконтурена зона тектонического нарушения; на Дугуаб 1 выявлена аномалия, интерпретируемая как ров. Установлено, что антенна 150 МГц оптимальна. Применение атрибута пиковой частоты позволило объективно выделить однородные техногенные слои. Результаты подтверждают высокий потенциал GPR для реконструкции облика дольменов и планирования раскопок.

Ключевые слова: дольмены, Северный Кавказ, мегалиты, георадиолокация, георадар, радарограмма.

Благодарности: Георадиолокационные исследования выполнены при поддержке гранта РНФ № 22-12-00083-П, интерпретация результатов георадарных данных выполнена в рамках госзаданий ИЗМИРАН и ИФЗ РАН.

Для цитирования: Аверин А.А., Дмитриев А.В., Едемский Д.Е., Заалишвили В.Б., Корженков А.М., Ларьков А.С., Овсяченко А.Н., Попов А.В., Прокопович И.В. Георадиолокационные исследования дольменов Черноморского побережья Кавказа: первые результаты и методические аспекты. *Геология и геофизика Юга России*. 2026. 16(3): DOI: 10.46698/VNC.2026.12.37.001

DOI: 10.46698/VNC.2026.12.37.001

Original paper

Ground penetrating radar surveys of dolmens on the Black Sea coast of the Caucasus: initial results and methodological aspects

A.A. Averin¹, A.V. Dmitriev², D.E. Edemsky¹, V.B. Zaalishvili³,
A.M. Korzhenkov⁴, A.S. Larkov⁴, A.N. Ovsyuchenko⁴,
A.V. Popov¹, I.V. Prokopovich^{1,5}

¹ Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, Russian Academy of Sciences, 4 Kaluzhskoe highway, Moscow, Troitsk 108840, Russian Federation, e-mail: deedemsky@gmail.com;

² Independent researcher, Novorossiysk, Russian Federation, e-mail: al.misxako@yandex.ru;

³ Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 93a Markova Str., Vladikavkaz 362002, Russian Federation, e-mail: vzaal@mail.ru;

⁴ Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, 10/1 B. Gruzinskaya, Moscow 123242, Russian Federation, e-mail: ovs@ifz.ru;

⁵ MIREA – Russian Technological University, 78 Vernadsky Ave, Moscow 119454, Russian Federation

Received: 31.03.2026, revised: 23.07.2026, accepted:2026

Abstract: Relevance is driven by the need for non-invasive study of the architectural context of Western Caucasian dolmens, whose peripheral elements (leveling platforms, stepped platforms, ditches) remain poorly understood due to the invasiveness of traditional excavations. **Aim.** To obtain the first data on buried construction elements and to evaluate the effectiveness of ground-penetrating radar (GPR) for their detection at key sites (Dzhubga, Zhane 2, Doguab 1). **Methods** included area surveys with 50 and 150 MHz antennas, radargram processing, and spectral analysis of peak frequency to differentiate man-made layers from natural deposits. **Results:** construction horizons and terraces were identified at all sites; a tectonic disturbance zone was traced at Zhane 2 dolmen; an anomaly interpreted as a ditch was revealed at Doguab 1 dolmen. The 150 MHz antenna proved optimal. The peak frequency attribute enabled objective delineation of homogeneous anthropogenic layers. The results demonstrate the high potential of GPR for reconstructing the dolmens' original appearance and planning targeted archaeological research.

Keywords: dolmens, North Caucasus, megaliths, GPR survey, ground penetrating radar, B-scan.

Acknowledgements: The GPR surveys were carried out with the support of the Russian Science Foundation grant No. 22-12-00083-П. The interpretation of the results of the GPR data was carried out according to the State assignment of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of the Russian Academy of Sciences and Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Averin A.A., Dmitriev A.V., Edemsky D.E., Zaalishvili V.B., Korzhenkov A.M., Larkov A.S., Ovsyuchenko A.N., Popov A.V., Prokopovich I.V. Ground penetrating radar surveys of dolmens on the Black Sea coast of the Caucasus: initial results and methodological aspects. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2026. 16(3): DOI: 10.46698/VNC.2026.12.37.001

Введение

Дольмены Западного Кавказа, представляющие собой выдающиеся памятники мегалитической культуры эпохи бронзы (по последним датировкам втор. пол. V тыс. до н.э. [Дмитриев, 2025]), на протяжении более полутора столетий остаются в фокусе внимания археологов [Марковин, 1978; Гей, 2008; Трифонов, 2001; Дмитриев, 2025]. Памятники мегалитической культуры также наблюдаются и изучаются в других регионах, как нашей страны, так и за рубежом [Марковин, 1997; Nesterkina et al., 2022; Hutton, 2025].

Несмотря на значительный объем накопленных данных, ключевые аспекты, связанные с их архитектурным замыслом, строительной технологией, пространственной организацией и ритуальным функционированием, остаются дискуссионными [Дмитриев, 2025]. Традиционные археологические методы, базирующиеся на раскопках, зачастую носят точечный и инвазивный характер, концентрируясь на центральной камере сооружения. Это приводит к фрагментарности получаемой информации, оставляя «за кадром» контекст памятника. Современная археологическая парадигма рассматривает подобные объекты как сложные элементы структурированного сакрального ландшафта [Резепкин, 1988; Трифонов, 2014; Резепкин, 2012; Дмитриев, 2025]. В этой связи критически важной задачей становится неразрушающее изучение ближней периферийной зоны дольменов с целью выявления сопутствующих построек: кромlexов, фасадных стен, каменного заполнения, ритуальных площадок, следов активностей, связанных с огнем, а также картирования антропогенно-измененных грунтов.

Решение данной задачи связано с применением высокоразрешающих геофизических методов, среди которых – георадиолокация (GPR). Наряду с георадиолокацией перспективен и метод магнитометрии, которые занимают лидирующие позиции в мировой практике исследования мегалитических комплексов. Георадар, основанный на излучении и регистрации отраженных сверхвысокочастотных электромагнитных импульсов, предоставляет возможность визуализировать внутреннее строение верхней части геологического разреза в виде двумерных разрезов и трехмерных моделей [Владов, Судакова, 2017; Edemsky et al., 2021; Schennen et al., 2022; Piroddi, Rassu, 2023]. Его эффективность для обнаружения погребенных каменных кладок, пустот и стратиграфических неоднородностей доказана на множестве объектов. Магнитометрия является незаменимым инструментом для локализации объектов, связанных с термохимическим воздействием на грунт, а также для выявления ям, рвов и скопленных ферромагнитных материалов [Edemsky et al., 2021; Steele et al., 2023].

Однако применительно к дольменам Кавказа потенциал этих методов раскрыт не полностью. Существуют лишь единичные примеры их успешного применения. Подавляющее большинство памятников остаются не обследованными современными геофизическими средствами. Отсутствие систематических данных не позволяет провести сравнительный анализ эффективности методов в различных ландшафтно-геологических условиях Причерноморья. Не ясен вклад различных факторов – тектонических нарушений, литологии перекрывающих отложений, степени увлажненности, уровня техногенных помех – в качество получаемых данных. Таким образом, актуальность настоящего исследования определяется, во-первых, необходимостью получения новой информации о внутреннем устройстве и окружении конкретных дольменов в древности, а во-вторых, важностью методической оценки возможностей и ограничений георадиолокации для последующего масштабного изучения всей дольменной периферии.

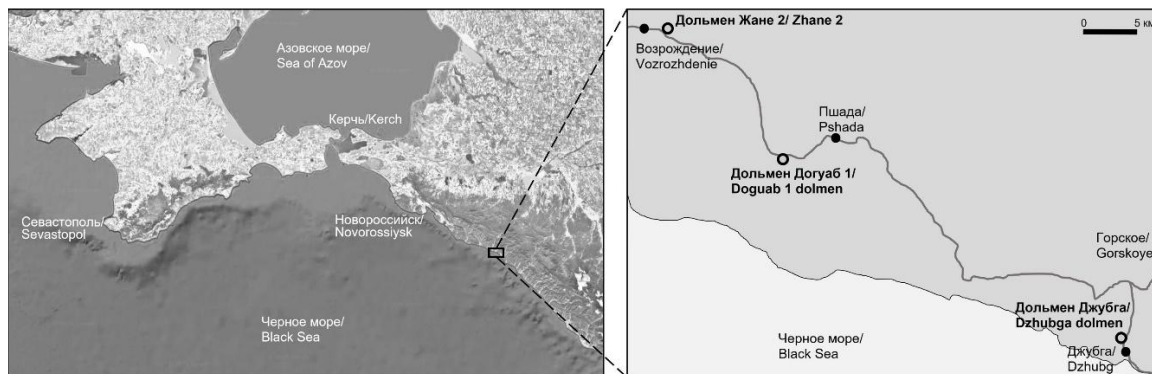


Рис. 1. Схема размещения изученных дольменов: Жане 2, Догуба 1, Джубга /
Fig. 1. Map of the location of the surveyed dolmens: Zhane 2, Doguab 1, Dzhubga

Цель работы – получение первых результатов георадиолокационного обследования ряда ключевых дольменов в районе п. Джубга, в долинах рек Жане и Пшада (Догуба 1) (рис. 1). Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: проведение высокодетальной георадиолокационной съемки с плотной сеткой профилей непосредственно у сооружений и на прилегающей территории; современная обработка данных GPR с учетом топографической поправки для корректной пространственной привязки аномалий; анализ георадиолокационных данных для выделения и интерпретации потенциальных археологических объектов; оценка влияния локальных грунтовых условий на глубинность и разрешающую способность методов.

Район работ, объекты и методика

Полевые исследования проводились в ноябре 2025 г. на территории расположения трех групп дольменов: одиночного дольмена в районе пос. Джубга, а также дольменных групп в долинах рек Жане и Пшада (рис. 1). Выбор объектов был обусловлен их хорошей сохранностью, доступностью и репрезентативностью для различных географических и геоморфологических условий региона.

Георадиолокационное зондирование выполнялось с использованием импульсного георадара «ЛОЗА-В» с антенными блоками на центральные частоты 50 и 150 МГц. Выбор антенны 150 МГц был обусловлен компромиссом между требуемой глубиной исследования (не менее 5 м) и разрешающей способностью (порядка 10–25 см в грунте), необходимой для идентификации отдельных камней и тонких слоев. Для получения объемной картины применялась методика площадной съемки. Шаг между профилями составлял 0.5–1.0 м, шаг дискретизации вдоль профиля – 0.05–0.2 м. Сетка профилей проектировалась индивидуально для каждого объекта, охватывая пространство непосредственно вблизи дольмена и периферийную зону радиусом не менее 10–15 м. Для точной пространственной привязки использовался GNSS-приемник (Garmin GPSMAP 60CSx).

Обработка георадиолокационных данных выполнялась в специализированном ПО «Крот», поставляемом в комплекте с георадаром «ЛОЗА-В», по стандартному потоку: первичная фильтрация (подавление низкочастотного «звона», полосовая частотная фильтрация), введение топографической поправки на основе GNSS-данных, усиление сигнала с глубиной, а также отображение результатов в виде функции амплитуды или производной волновой формы принятого сигнала.

Для углубленной интерпретации георадиолокационных данных были применены элементы атрибутного анализа, в частности, анализ пиковой частоты (f_p) спектра отраженного сигнала [Forte et al., 2012; Zhao et al., 2016; Wang et al., 2023]. Данный атрибут

чувствителен к изменению диэлектрических свойств среды (пористость, влажность, неоднородность) и позволяет выделять зоны с различными литологическими или техногенными характеристиками, которые могут быть неочевидны на исходных радарограммах.

Результаты и интерпретация

Дольмен Жане 2

Дольменная группа расположена в долине реки Жане – приблизительно в 1 км к северу от восточной окраины п. Возрождение (Краснодарский край). Состоит из трех дольменов и занимает наиболее плоский участок северной оконечности отрога горы Тхаб, на правом берегу реки [Трифонов, 2009].

На участке дольмена Жане 2 георадиолокационная съемка выполнялась как низкочастотной (50 МГц), так и высокочастотной (150 МГц) антеннами. Профили 50 МГц (15_5a, рис. 2e) позволили исследовать глубины до 15–20 м.

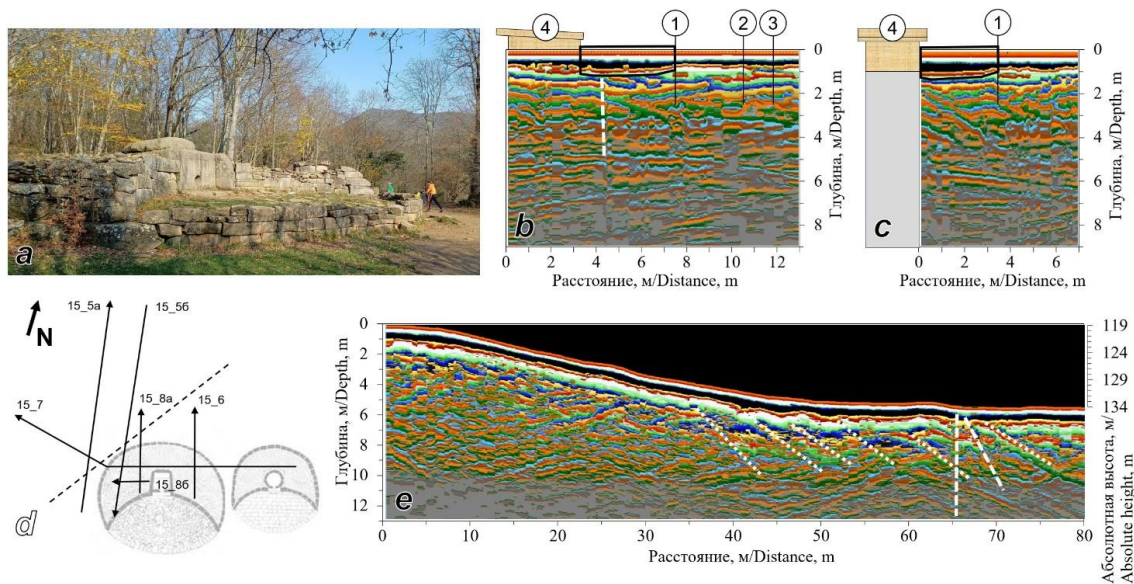


Рис. 2. Дольмен Жане 2: а – фото дольмена; б – георадиолокационный профиль 15_8а; с – профиль 15_8б; d – схема расположения профилей; е – профиль 15_5а. Обозначения: 1 – первоначальная граница размещения крепиды; 2 – граница насыпи отреставрированного дольмена; 3 – ров по контуру насыпи отреставрированного дольмена; 4 – камера дольмена; черная стрелка – георадиолокационный профиль; белая штриховая линия – расположение предполагаемого разрыва; белая пунктирная линия – сейсмогравитационные трещины; черная линия – строительная площадка под камеру дольмена /

Fig. 2. Zhane 2 Dolmen: a – photo of the dolmen; b – GPR profile 15_8a; c – profile 15_8b; d – profile 15_5a; 1 – the original boundary of the crepidum placement; 2 – the boundary of the restored dolmen mound; 3 – the moat along the contour of the restored dolmen mound; 4 – the dolmen chamber; the black arrow is the georadar profile; the white dashed line is the location of the proposed break; the white dotted line is the seismogravitational cracks; the black line is the construction site for the dolmen chamber

На ряде профилей выделяются субвертикальные зоны нарушения непрерывности осей синфазности, интерпретируемые как зоны разрывных нарушений (рис. 2b, г, д) [Милановский, 1968]. Предполагаемая линия разлома (рис. 2d, черная штриховая линия) проходит северо-западнее дольмена Жане 2. Субвертикальная ориентировка и характер смещений отличают данную аномалию от типичных оползневых швов (белая

штриховая линия, рис. 2е), а нарушение отложений высокой надпойменной террасы долины р. Жане может свидетельствовать о ее неотектонической природе. В насыпи реконструированного дольмена (рис. 2б) наблюдаются нарушения осей синфазности (белая штриховая линия), которые можно интерпретировать как линию разрыва. Тектонические деформации в левом крыле палеодольмена подтверждаются и раскопками В.А. Трифонова [Трифонов, 2009]: блоки крепиды, отходящие от левого угла фасадной стены, сместились наружу, а далее крепида пошла с углублением от уровня фасадной стены.

Профили 150 МГц (5_8а, 5_8б, рис. 2б, с), выполненные на насыпи, позволили выявить зону шириной 3–4 м (черная линия), непосредственно примыкающую к камере дольмена. Для этой зоны характерен слабоотражающий, однородный сигнал с четкой нижней границей на глубине, близкой к фундаментной плите камеры. Данная аномалия интерпретируется как выровненная искусственная площадка, на которую была установлена камера дольмена, сложенная из однородного уплотненного материала (суглинка). С внешней стороны зона ограничена линейной аномалией (1, рис. 2б, с), возможно соответствующей остаткам подпорной стенки (крепиды) дольменной насыпи до проведения реставрации.

Дольмен Джубга

Памятник расположен на пологонаклонной поверхности второй надпойменной террасы в левом борту долины р. Джубга и ориентирован фасадом на ВЮВ (азимут 100°), т.е. вниз по склону к реке. Дольмен Джубга (рис. 3д) представляет собой окруженную земляной и каменной насыпями мегалитическую камеру, к фасаду которой примыкает огражденный каменной стеной круглый в плане «внутренний дворик» (по терминологии А.В. Дмитриева). Камера представляет собой трапецевидную в плане и почти прямоугольную в вертикальном сечении постройку, сооруженную из шести тщательно обработанных и подогнанных друг к другу песчаниковых плит.

Среди результатов археологических работ, завершенных в 2008 г. [Трифонов, 2014], было зафиксировано, что фундамент (пол) дольмена сооружен из массивной плиты, уложенной на специально подготовленную выровненную площадку, покрытую 10-сантиметровым утрамбованным слоем смеси суглинка и мелкого гравия. Вокруг двора и камеры сформирована насыпь из слоя камней и крупного щебня (толщиной до 0,7 м), внешний край которой располагался приблизительно в семи метрах от камеры. В результате георадиолокационной съемки место размещения крепиды не было выявлено.

Всего проложено 24 профиля с использованием антенны 150 МГц, шаг по профилю 0,05 м. Съемка проведена в южной и юго-восточной частях дольмена; на северной и северо-западной сторонах работы не проводились, так как практически вплотную к памятнику проходит дорога, размещено автохозяйство, и территория ограничена металлической оградой, расположенной примерно в 2 м от дольмена. Профили от 20_1_1 до 20_1_13 проложены вниз по склону от левой боковой стенки камеры и стены двора (рис. 3а).

Высокочастотная съемка (150 МГц) на южном и юго-восточном склонах памятника (рис. 3а) выявила сложную террасированную структуру (белая штриховая линия) основания дольмена (рис. 3б, с, е). На радарограммах отчетливо прослеживаются несколько субгоризонтальных отражающих границ, интерпретируемых как поверхности террас, искусственно сформированных или подрезанных при строительстве. Уровень верхней террасы соответствует отметке залегания фундаментной плиты дольмена. Нерегулярная, хаотичная текстура отражений непосредственно вблизи камеры на глубинах ниже плиты пола (рис. 3с) может указывать на наличие каменной забутовки или неоднородного техногенного заполнения, а также, возможно, на то, что камера дольмена размещена не на глинистом основании.

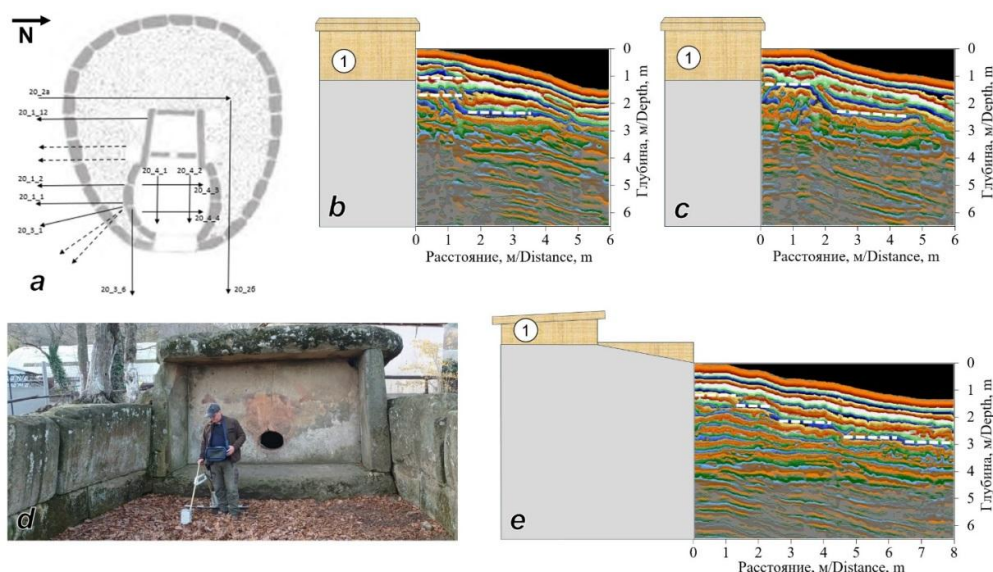


Рис. 3. Дольмен Джубга: а – схема расположения профилей; б – профиль 20_1_2; с – профиль 20_1_11; d – фото дольмена, процесс георадиолокационной съемки; е – профиль 20_3_6. Обозначения: 1 – камера дольмена; черная стрелка – георадиолокационный профиль; белая штриховая линия – террасы /

Fig. 3. Dzhubga Dolmen: a – profile layout; b – profile 20_1_2; c – profile 20_1_11; d – photo of the dolmen, GPR survey process; e – profile 20_3_6; 1 – dolmen chamber; black arrow – GPR profile; white dashed line – terraces

Дольмен Догуаб 1

Дольмен Догуаб 1 относится к группе из четырех дольменов, находящихся на территории крестьянско-фермерского хозяйства в долине реки Пшада при впадении в нее притока Догуаб. Дольмен расположен на возвышенности, возможно, на холме среди полей (рис. 4b). Камера хорошо сохранилась, но поскольку дольмен располагается среди полей и садов фермерского хозяйства, его внешний облик как памятника, включающий насыпь, крепиду, фасадную стену и т.д., существенно изменен [Дмитриев, 2025]. Он ориентирован выходом практически на юг, в плане имеет прямоугольную форму и сооружен из шести тщательно обработанных и подогнанных друг к другу песчаниковых плит. Общий диаметр возвышенности, на которой располагается камера, не превышает 20–25 м.

Георадиолокационные измерения выполнены антеннами с центральной частотой 150 МГц, шаг по профилю 0,05 м. Проложено две пары взаимно перпендикулярных профилей на расстоянии около метра от стен камеры. Схема размещения профилей приведена на рисунке 4а. На рисунках 4с, d, e представлены профили 16_3, 16_4, 16_1 с учетом рельефа местности. На профилях четко выделяется горизонтальная отражающая поверхность в границах (1) на глубине ~0.5–0.8 м, соответствующая выровненной площадке под фундаментную плиту камеры, строительство крепиды и фасадной стены (предположительно, слой утрамбованного суглинка с щебнем). Ниже, на глубинах 1.8–3 м от поверхности (рис. 4d, e), фиксируется кровля коренных пород (материка), белая штриховая линия. Характер кровли материка указывает на структуру его залегания – параллельная слоистость с падением, близким к вертикальному, что наблюдается в близлежащих обнажениях. В районе тыльной части дольмена на профиле 16_4 (рис. 4е, интервал 26–28 м) наблюдается локальное симметричное углубление в кровле материка с крутыми бортами, интерпретируемое как возможный ров для фундамента крепиды. Не исключено, что понижение имеет естественную природу.

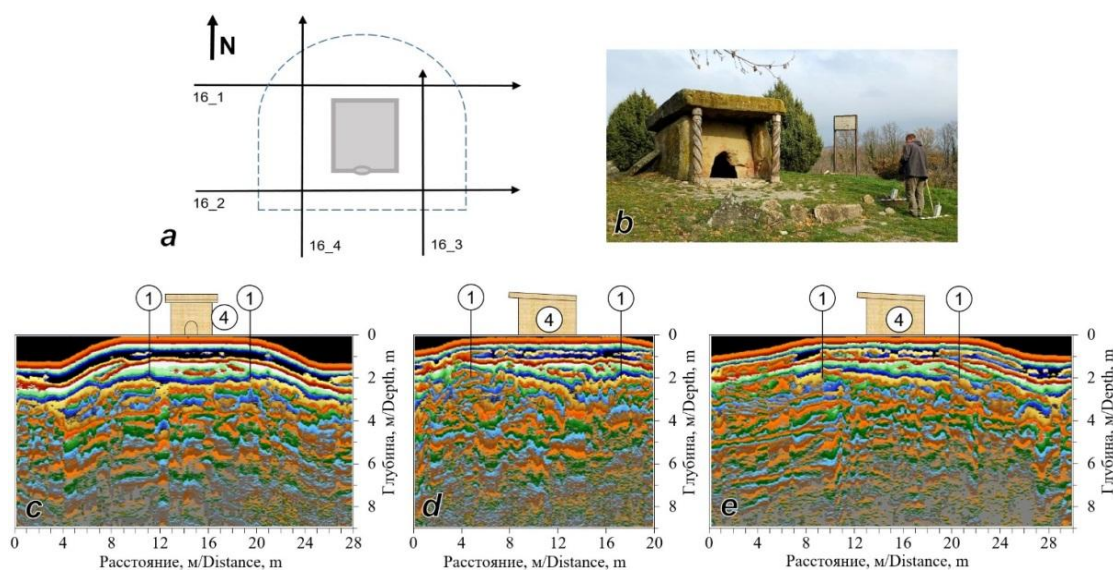


Рис. 4. Дольмен Догуаб 1: а – схема расположения профилей; б – фото дольмена, процесс георадиолокационной съемки; с – профиль 16_1; д – профиль 16_3; е – профиль 16_4.

Обозначения: 1 – граница площадки под фундаментную плиту камеры, строительство крепиды и фасадной стены; белая штриховая линия – кровля материка; 2 – камера дольмена /

Fig. 4. Doguab 1 Dolmen: a – scheme of the location of profiles; b – photo of the dolmen and the process of GPR survey; c – profile 16_1; d – profile 16_3; e – profile 16_4; 1 – the border of the site under the foundation slab of the chamber, the construction of the crepid and the front wall; the white dashed line is the roof of the mainland; 2 – the chamber of the dolmen

Применение спектрального анализа георадиолокационных данных

Для характерных участков георадиолокационных профилей дольменов Джубга и Догуаб 1 был применен атрибутный анализ. В качестве основного количественного индикатора использовалась пиковая частота (f_p) спектра, вычисляемая для каждой точки разреза, а также анализировался сам спектр сигнала.

Для дольмена Джубга проведен анализ двух характерных участков профиля 20_1_11: один – в непосредственной близости к боковой стенке дольмена (пикет 1 м, рис. 3b); второй – в центральной части одной из террас склона. Вблизи камеры наблюдается широкополосный спектр с $f_p \sim 100$ МГц (рис. 5a), что характерно для неоднородной и, вероятно, более увлажненной зоны. На удалении от камеры (пикет 3 м) спектр высокоамплитудный и узкополосный с $f_p \sim 70$ МГц (рис. 5b), что указывает на более однородный и сухой грунт террасы.

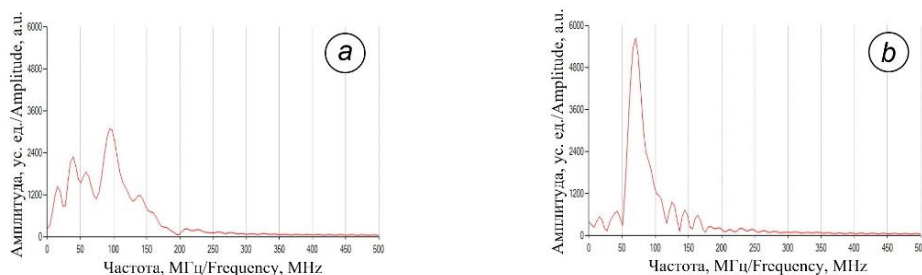


Рис. 5. Дольмен Джубга, профиль 20_1_11:

а – спектр сигнала, пикет 1 м; б – спектр сигнала, пикет 3 м /

Fig. 5. Dzhubga Dolmen, profile 20_1_11:

a – signal spectrum, point 1 m; b – signal spectrum, point 3 m

Для дольмена Догуаб 1 проведен спектральный анализ трех характерных участков профиля 16_4 (рис. 4е): двор дольмена; в метре от левой боковой стены камеры (центральная ее часть); за дольменом, нижняя точка склона основания. Результаты приведены на рисунке 6.

Значения f_p в трех характерных точках профиля оказались близкими (~50 МГц), однако форма спектров существенно различается (рис. 6). У стенки камеры (пикет 15 м) спектр узкий, что подтверждает наличие однородного техногенного слоя (выравнивающей подушки). В других точках (пикеты 3 м, 27 м) спектры низкоамплитудные, широкие, что соответствует неоднородному, с множественными локальными аномалиями, естественному или насыпному грунту.

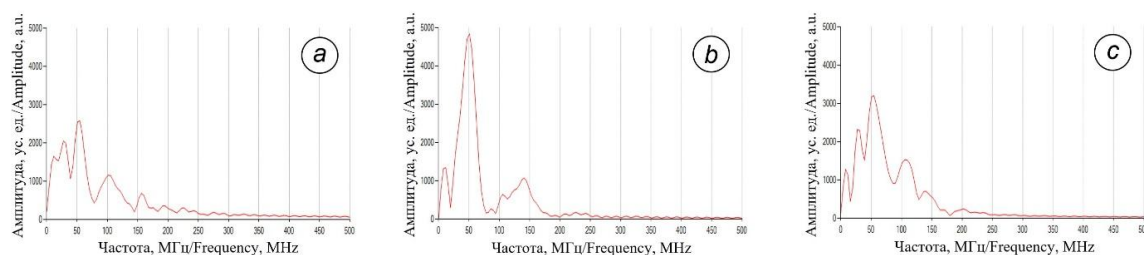


Рис. 6. Дольмен Догуаб 1, профиль 16_4: а – спектр сигнала, пикет 3 м; б – спектр сигнала, пикет 15 м; с – спектр сигнала, пикет 27 м /

Fig. 6. Doguab 1 Dolmen, profile 16_4: a – signal spectrum, point 3 m; b – signal spectrum, point 15 m; c – signal spectrum, point 27 m

Обсуждение

Современное состояние исследований дольменов показывает, что для выявления закономерностей формирования и развития практики культового мегалитического строительства на Западном Кавказе в эпоху бронзы не хватает, главным образом, конкретных, точно документированных наблюдений относительно конструкции и строительных приемов всего дольмена, а не только его погребальной камеры [Дмитриев, 2025]. Камера дольмена, какого бы типа она ни была, является только частью культового памятника, состоящего, как правило, из самой камеры, стены у ее фасада, каменной засыпки (каирна), полностью покрывающей камеру, и крепиды, поддерживающей насыпь.

Использование полученной информации о строении подстилающей поверхности на территории дольменного комплекса, возможно, поможет решить ряд вопросов, стоящих перед исследователями: функциональное назначение памятника; способы и методы строительства; возраст возведения насыпи, а следовательно, и возраст сооружения дольмена.

Комплексные геофизические исследования подтвердили высокую эффективность георадиолокации для изучения архитектурного контекста дольменов. На всех обследованных объектах удалось выявить элементы, не фиксируемые визуально:

1. Строительные горизонты и планировка: четко идентифицированы искусственные выровненные площадки под камерами (Жане 2, Догуаб 1), террасирование склонов (Джубга), что раскрывает инженерные приемы древних строителей.

2. Периферийные структуры: выделены аномалии, интерпретируемые как остатки крепид и рвов, что позволяет уточнять исходные размеры и план памятников.

3. Геологический контекст: получены данные о геологическом строении площадок, глубине залегания коренных пород, выявлены потенциальные зоны разрывных нарушений (Жане 2), важные для оценки сохранности объектов.

4. Методический аспект: применение спектрального анализа (f_p) позволило дифференцировать техногенные однородные слои от неоднородных естественных отложений и оценить вариации влажности. Антенна 150 МГц показала оптимальное соотношение разрешения и глубинности для задач картирования строительных элементов.

Ограничением метода на данных объектах является сильное затухание сигнала в переувлажненных глинистых грунтах (низкая f_p), а также маскировка мелких объектов на фоне мощных отражений от каменной кладки и склонов.

Выводы

1. Впервые выполнено детальное георадиолокационное обследование дольменов Джубга, Жане 2 и Догуаб 1, позволившее получить новые данные об их скрытом в грунте архитектурном окружении и строительных приемах.

2. На всех объектах надежно идентифицированы ключевые строительные элементы: искусственные выровненные площадки под камерами, террасированные склоны (Джубга), линейные структуры, интерпретируемые как остатки крепид (Жане 2) и рвов (Догуаб 1). Это подтверждает сложную, комплексную структуру дольменных памятников, выходящую далеко за пределы камер.

3. Получены данные о геологическом строении площадок. Выявлена и картирована потенциальная зона неотектонического нарушения в районе дольмена Жане 2, что важно для оценки георисков и истории формирования памятника.

4. Апробирована и показала свою эффективность методика атрибутивного анализа георадиолокационных данных на основе пиковой частоты (f_p). Метод позволил объективно выделить однородные техногенные слои (подсыпки, выравнивающие площадки) и оценить пространственную изменчивость влажности грунтов.

5. Для задач картирования приповерхностных (до 5 м) археологических объектов в условиях предгорного рельефа и разнородных грунтов Черноморского побережья Кавказа оптимальной является антенна с центральной частотой 150 МГц, обеспечивающая необходимую разрешающую способность при достаточной глубинности.

6. Результаты работы подтверждают, что георадиолокация является высокоинформативным, неразрушающим инструментом для изучения дольменов. Полученные данные задают новые ориентиры для точечных археологических раскопок и служат основой для планирования дальнейших исследований.

Литература

1. Владов М.Л., Судакова М.С. Георадиолокация: от физических основ до перспективных направлений. – М.: Геос, 2017. – 240 с.
2. Гей А.Н. Исследования дольменных памятников Западного Кавказа в 2005–2007 гг. // Труды II (XVIII) Всероссийского археологического съезда в Суздале. – 2008. – Т. 1. – С. 294–298.
3. Дмитриев А.В. Новые подходы к изучению кавказских дольменов (конструкция, назначение и датировка) // Материалы и исследования по археологии Северного Кавказа. – 2025. – № 23. – С. 55–120.
4. Марковин В.И. Дольмены Западного Кавказа. – М.: Изд-во Наука, 1978. – 329 с.
5. Марковин В.И. Дольменные памятники Прикубанья и Причерноморья. – М.: Институт археологии РАН, 1997. – 402 с.
6. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. – М.: Недра, 1968. – 483 с.
7. Резепкин А.Д. Типология мегалитических гробниц Западного Кавказа // Вопросы археологии Адыгеи. Майкоп, 1988. – С. 156–163.
8. Резепкин А.Д. Новосвободненская культура (на основе материалов могильника «Клады»). – СПб.: Нестор-История, 2012 (Тр. ИИМК РАН; Т. XXXVII). – 342 с.
9. Трифонов В.А. Что мы знаем о дольменах Западного Кавказа и чему учит история их изучения? // В кн.: Дольмены. Современники древних цивилизаций. – Краснодар: Краснодарское книжное издательство, 2001. – С. 20–55.

10. Трифонов В.А. Дольмены в долине реки Жане // В сб.: Археологические открытия 1991–2004 гг. Европейская Россия. – М.: Институт археологии РАН, 2009. – С. 115–128.
11. Трифонов В.А. Дольмен Джубга на Черноморском побережье Кавказа // Записки Института истории материальной культуры. – 2014. – № 10. – С. 104–131.
12. Edemsky D., Popov A., Prokopovich I. Geophysical survey of Tunnug mound periphery, Tuva, Russia // *Journal of Applied Geophysics*. – 2021. – Vol. 189. – pp. 104326. DOI: 10.1016/j.jappgeo.2021.104326.
13. Forte E., Pipan M., Casabianca D., Di Cuia R., Riva A. Imaging and characterization of a carbonate hydrocarbon reservoir analogue using GPR attributes // *Journal of Applied Geophysics*. – 2012. – Vol. 81. – pp. 76–87. DOI: 10.1016/j.jappgeo.2011.09.009.
14. Hutton R. Monuments in the making: raising the great dolmens in early Neolithic northern Europe: by Vicki Cummings and Colin Richards, Oxford, Oxbow, 2021, 257 p. [Book Review] // *Time and Mind*. – 2025. – Vol. 18. No. 1-2. – pp. 117–119. DOI: 10.1080/1751696X.2025.2522595.
15. Nesterkina A. L., Portnova A. A., Fedorova A. A., Yondri L. The Megalithic Tradition of East and Southeast Asia // *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*. – 2022. – Vol. 50. No. 3. – pp. 39–48. DOI: 10.17746/1563-0110.2022.50.3.039-048.
16. Piroddi L., Rassu M. Application of GPR Prospection to Unveil Historical Stratification inside Monumental Buildings: The Case of San Leonardo de Siete Fuentes in Santu Lussurgiu, Sardinia, Italy // *Land*. – 2023. – Vol. 12. No. 3. – Art. No. 590. DOI: 10.3390/land12030590.
17. Schennen S., Wetterich S., Schirrmeister L., Schwamborn G., Tronicke J. Seasonal impact on 3D GPR performance for surveying Yedoma ice complex deposits // *Frontiers in Earth Science*. – 2022. – Vol. 10. – Art. No. 741524. DOI: 10.3389/feart.2022.741524.
18. Stele A., Kaub L., Linck R., Schikorra M., Fassbinder J.W.E. Drone-based magnetometer prospection for archaeology // *Journal of Archaeological Science*. – 2023. – Vol. 158. – pp. 105818. DOI: 10.1016/j.jas.2023.105818.
19. Wang Q., Liu X., Shen Yu., Li M. Characterization and evaluation of thaw-slumping using GPR attributes in the Qinghai–Tibet Plateau // *Remote Sensing*. – 2023. – Vol. 15. – No. 9. – Art. No. 2273. DOI: 10.3390/rs15092273.
20. Zhao W.K., Forte E., Dossi M., Pipan M. Integrated attribute analysis for improved GPR data interpretation // In: 16th International Conference on Ground Penetrating Radar. Hong Kong, China, 2016. – pp. 1–5. DOI: 10.1109/ICGPR.2016.7572678.

References

1. Vladov M.L., Sudakova M.S. Ground-penetrating radar. From physical foundations to promising directions. Moscow. GEOS. 2017. 240 p. (In Russ.)
2. Gay A.N. Research of dolmen monuments of the Western Caucasus in 2005–2007. In: Proceedings of the II (XVIII) All-Russian Archaeological Congress in Suzdal. 2008. Vol. 1. pp. 294–298. (In Russ.)
3. Dmitriev A.V. New approaches to the study of Caucasian dolmens (construction, purpose and dating). Materials and research on the archeology of the North Caucasus. 2025. No. 23. pp. 55–120. (In Russ.)
4. Markovin V.I. Dolmens of the Western Caucasus. Moscow. Nauka. 1978. 329 p. (In Russ.)
5. Markovin V.I. Dolmen monuments of the Kuban and Black Sea regions. Moscow. Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences. 1997. 402 p. (In Russ.)
6. Milanovsky E.E. The latest tectonics of the Caucasus. Moscow. Nedra. 1968. 483 p. (In Russ.)
7. Rezepkin A.D. Typology of megalithic tombs of the Western Caucasus. Questions of archeology of Adygea. Maykop. 1988. pp. 156–163. (In Russ.)
8. Rezepkin A.D. Novosvobodnenskaya culture (based on the materials of the burial ground “Klady”). Saint Petersburg. Nestor-History. 2012. 342 p. (In Russ.)
9. Trifonov V.A. What do we know about the dolmens of the Western Caucasus and what does the history of their study teach us? In: Dolmens. Contemporaries of Ancient Civilizations. 2001. pp. 20–55. (In Russ.)
10. Trifonov V.A. Dolmens in the valley of the Zhane River. In: Archaeological discoveries 1991–2004. European Russia. Moscow. Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences. 2009. pp. 115–128. (In Russ.)

11. Trifonov V.A. Dzhugba Dolmen on the Caucasian Black Sea shore. Notes of the Institute of the History of Material Culture. 2014. No. 10. pp. 104–131. (In Russ.)
12. Edemsky D., Popov A., Prokopovich I. Geophysical survey of Tunnug mound periphery, Tuva, Russia. Journal of Applied Geophysics. 2021. Vol. 189. pp. 104326. DOI: 10.1016/j.jappgeo.2021.104326.
13. Forte E., Pipan M., Casabianca D., Di Cuia R., Riva A. Imaging and characterization of a carbonate hydrocarbon reservoir analogue using GPR attributes. Journal of Applied Geophysics. 2012. Vol. 81. pp. 76–87. DOI: 10.1016/j.jappgeo.2011.09.009.
14. Hutton R. Monuments in the making: raising the great dolmens in early Neolithic northern Europe: by Vicki Cummings and Colin Richards, Oxford, Oxbow, 2021, 257 p. [Book Review]. Time and Mind. 2025. Vol. 18. No. 1-2. pp. 117–119. DOI: 10.1080/1751696X.2025.2522595.
15. Nesterkina A. L., Portnova A. A., Fedorova A. A., Yondri L. The Megalithic Tradition of East and Southeast Asia. Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia. 2022. Vol. 50. No. 3. pp. 39–48. DOI: 10.17746/1563-0110.2022.50.3.039-048.
16. Piroddi L., Rattu M. Application of GPR Prospection to Unveil Historical Stratification inside Monumental Buildings: The Case of San Leonardo de Siete Fuentes in Santu Lussurgiu, Sardinia, Italy. Land. 2023. Vol. 12. No. 3. Art. No. 590. DOI: 10.3390/land12030590.
17. Schennen S., Wetterich S., Schirrmeister L., Schwamborn G., Tronicke J. Seasonal impact on 3D GPR performance for surveying Yedoma ice complex deposits. Frontiers in Earth Science. 2022. Vol. 10. Art. No. 741524. DOI: 10.3389/feart.2022.741524.
18. Stele A., Kaub L., Linck R., Schikorra M., Fassbinder J.W.E. Drone-based magnetometer prospection for archaeology. Journal of Archaeological Science. 2023. Vol. 158. pp. 105818. DOI: 10.1016/j.jas.2023.105818.
19. Wang Q., Liu X., Shen Yu., Li M. Characterization and evaluation of thaw-slumping using GPR attributes in the Qinghai–Tibet Plateau. Remote Sensing. 2023. Vol. 15. No. 9. Art. No. 2273. DOI: 10.3390/rs15092273.
20. Zhao W.K., Forte E., Dossi M., Pipan M. Integrated attribute analysis for improved GPR data interpretation. In: 16th International Conference on Ground Penetrating Radar. Hong Kong, China. 2016. pp. 1–5. DOI: 10.1109/ICGPR.2016.7572678.