

# Геологические аспекты строительства дольменов Кавказа

Ю.Н.Шариков, К.Э.Якобсон, О.Н.Комиссар

**Н**а Северо-Западном Кавказе, от Таманского полуострова до Абхазии, известны мегалитические культовые сооружения, которые местные жители адыгейцы называли «испун», что в переводе означает «дома карликов». В настоящее время эти мегалиты принято называть дольменами. Хронологические рамки дольменной культуры Кавказа охватывают период от середины III до конца 2-го тысячелетия до н.э. Эти таинственные сооружения дали название одной из культур бронзового века — дольменной.

Кавказский дольмен представляет собой камеру, сложенную из нескольких идеально сопряженных между собой каменных блоков, которые перекрыты покровной плитой. В конструкции дольмена обязательно присутствует портал, образованный выступающими блоками боковых стен и нависающей плитой-крышей. Иногда портал достраивался отдельными плитами. Чаще всего в нижней трети портала, примерно по центру, располагается лаз диаметром  $38 \pm 5$  см. Каменные блоки, из которых сооружены дольмены, могут весить до нескольких тонн.

Дольмены строились из плит, отдельных блоков, вытачивались в глыбах или даже целиком в скалах. Поразительно разнообразие их конструкций.

© Шариков Ю.Н., Якобсон К.Э., Комиссар О.Н., 2012



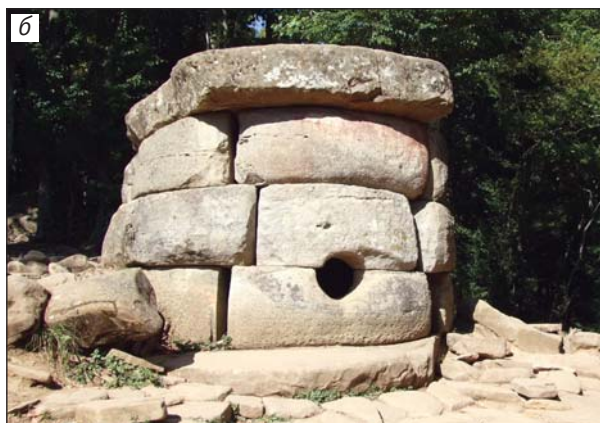
**Юрий Николаевич Шариков**, кандидат медицинских наук, доцент Сочинского государственного университета. Область научных интересов — физиология, археология, геология, краеведение. Автор шести монографий, в числе которых «Древние технологии дольменов Кавказа» и «Дольмены Кавказа. Геологические аспекты и технологии строительства» (обе в соавторстве с О.Н.Комиссаром).



**Кил Эдуардович Якобсон**, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского геологического института, Санкт-Петербург. Область научных интересов — геология и полезные ископаемые Европейской части России и ближнего зарубежья, историческая геология, тектоника, вулканизм докембрия. Постоянный автор журнала «Природа».



**Олег Николаевич Комиссар**, кандидат технических наук, генеральный директор Государственного научного центра ОАО «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология», член Международной ассоциации SAMPE, член-корреспондент Российской инженерной академии. Автор более 120 научных трудов в области аэрокосмической техники, истории и краеведения.



Основные типы дольменов: а — плиточный, «Восьмидольмень», поселок Пшада (Геленджикский р-н Краснодарского края); б — составной, река Жане, пос.Возрождение (Геленджикский р-н); в — полумонолитный, окраина пос.Пшада; з — монолитный, река Годлик, пос.Волконка (Лазаревский р-н).

В 1960 г. Л.И.Лавров предложил классификацию, согласно которой он выделил четыре основных типа дольменов: плиточный, составной, полумонолитный и монолитный [1].

Плиточный дольмен строился из шести плит. Одна — фундамент (или пяточный камень), две боковые, порталная, задняя плиты и плита перекрытия. По данным В.И.Марковина, 92% всех дольменов именно плиточные [2]. Составной дольмен создан из нескольких крупных блоков, и образованная ими камера перекрыта покровной плитой. Полумонолитные, или, как их еще называют, корытообразные дольмены выбиты целиком в скальной глыбе и также перекрыты покровной плитой. Монолитный дольмен полностью высекался в скале через отверстие.

Мегалитические сооружения встречаются и в других частях света, но особенностью дольменов Западного Кавказа стала сверхточная подгонка многотонных каменных плит. В хорошо сохранившихся дольменах в зазор между каменными блоками невозможно вставить даже лист бумаги, хотя линия сопряжения блоков криволинейна.

В 1971 г. Марковин производил раскопки Дегуакско-Даховского поселения, в котором, по его предположению, жили строители дольменов [2]. Люди эти были очень слабо оснащены технически. Они не знали железа, гончарного круга, взрыхляли землю мотыгами, не ведая о плуге, уже изобретенном в то время на Востоке. Строители дольменов обитали, как свидетельствуют материалы раскопок, в жалких глинобит-

ных лачугах. При раскопках не было найдено ни инструментов, ни технических приспособлений, с помощью которых возводились дольмены. И тем не менее они создали эти сооружения, поражающие и нас, современных людей.

### Проблемы сооружения дольменов

Существует масса гипотез, объясняющих происхождение дольменов. Все они сводятся к тому, что дольмены представляют собой мегалитические постройки, сложенные из каменных плит и блоков или высеченные в скальном массиве. Но такое представление не объясняет следующих важных проблем сооружения дольменов во времена ранней бронзы:



— как и где строители добывали огромные песчаные блоки необходимого размера?

— как транспортировали многотонные блоки к месту возведения дольмена при отсутствии дорог в горной местности?

— как и какими инструментами обрабатывали камень?

— как добывались точного сопряжения многотонных блоков по криволинейным стыкам?

— как наносили рельефные знаки на поверхности блоков?

— как возникла и почему спустя почти полторы тысячи лет исчезла эта грандиозная культура, оставившая нам в наследие тысячи дольменов на огромной территории Северо-Западного Кавказа?

Остановимся на каждом из этих вопросов подробнее.

**Каменоломни.** В литературе у многих авторов встречаются упоминания о древних каменоломнях, в которых вырубались строительные элементы будущих дольменов. Вот как, по предположению Марковина, производилась колка камня [2]: «В подготовленные ямки загоняли клинья из дерева, мочили их водой, древесина набухала, и в камне появлялись трещины».

*Технологическая справка.* Чтобы расколоть камень в заданном направлении, нужно просверлить шпур (отверстия) под деревянные клинья в камне не менее чем на 75% его толщины и на расстоянии 20—30 см друг от друга по линии раскола. На сколе камня должны были бы остаться следы шпуров, в которые вбивались клинья, но их нет ни на одном дольменном блоке.

Мы обследовали несколько мест, указанных как «древние каменоломни». На самом же деле это естественные выходы песчаника, зачастую весьма причудливых форм. Ни в одном из таких мест следов разработки камня найдено не было. Хотя обнаружилось, что в непосредственной близости от дольменов или их скопления обязательно находятся выходы глыбового песчаника.

**Транспортировка.** Перед создателями дольменов стояла сложная и далеко не тривиальная транспортная проблема. Как доставить многотонные каменные блоки к месту строительства в горных условиях при полном отсутствии дорог? Марковин предполагает, что это было так [2]: «Но вот плиты в необработанном виде вырублены. Их надо доставить на место. И с помощью катков (равной формы бревен), веревок, человеческой и бычьей силы тащили материал к облюбованному уголку, где будет воздвигнут дольмен. Способ очень древний». Но простота описанного способа лишь кажущаяся. Во-первых, все-таки нужна дорога. Дорога как инженерное сооружение, создающее в горном рельефе плоскость, по которой возможно перемещение крупногабаритных, многотонных блоков без угрозы бокового соскальзывания и без чрезмерно крутого угла подъема. Поверхность дороги должна быть достаточно прочной, чтобы многотонные блоки не вдавливали катки в рыхлый грунт. В окружении многих дольменов нет никаких следов дорог, а стоят они в очень труднодоступных сегодня местах.

**Обработка.** Все исследователи дольменов отмечают такую особенность: каменные блоки, из которых они сложены, снаружи не обработаны и имеют вид природного, «дикого» камня. Портальная плита и внутренняя поверхность камеры, напротив, гладкие и ровные. Особенно обращает на себя внимание тщательная подгонка плит друг к другу. На внутренней поверхности камеры и портала часто можно видеть следы обработки камня в виде затесов. Вот как этот процесс описан у Марковина: «В дело шли клиновидные каменные и бронзовые орудия. Они хорошо заполированы и напоминают ножи наших рубанков. Следы их работы заметны на стенах многих корытообразных дольменов. Лезвие у них имело ширину 3—4 см. За-



Следы затесов на портальной плите дольмена в долине р.Жане.

вершали работу шлифовальные куранты: камни округлой формы с более широкой рабочей частью (основанием). Ими доводили плиты до нужной чистоты и гладки» [2].

В некоторых дольменах на внутренних поверхностях камеры и наружных поверхностях портала явственно видны следы обработки камня в виде затесов, сделанные инструментом с шириной лезвия 3—9 см. Длина затеса от 1 до 4 см. Если сравнить поверхность песчаника, сколотую скампелем\*, и поверхность со следами инструментальной обработки дольмена, то становится очевидным, что камень дольменов не кололи. Скампель оставляет сколы. Затесы на блоках дольменов больше напоминают следы работы шпателя по незаастывшему раствору. И описанные Марковиным бронзовые инструменты, которые «напоминают ножи наших рубанков», также больше похожи на шпатели, чем на зубила. Тонкими бронзовыми инструментами колоть камень невозможно.

**Сопряжение.** Поверхности блоков имеют идеальное сопряжение, но часто не прямолинейное. Особенно поражает степень их сопряжения в хорошо сохранившихся дольменах. Предста-

\* Скампель (итал. *scarpello*, от лат. *scarpere* — резец) — инструмент для гладкой обработки камня в скульптуре, круглый или граненый стальной стержень, один конец которого расширяется в виде лопаточки с остро заточенным краем. По другому, тупому концу наносят удары молотком-киянкой.



Фрагмент порталной плиты дольмена с неравномерной укладкой пластичной массы. Гора Нэксис (Геленджикский р-н).

вить, что многотонные блоки постоянно поднимали и подтачивали, трудно, так как при этом блоки неизбежно смещались бы относительно друг друга, и линия сопряжения не могла бы принять столь идеальную форму.

Примером того, что механическое сопряжение блоков с такой точностью — дело сложное и, вероятно, невыполнимое без специального оборудования и мощной техники, может служить попытка перевезти отлично сохранившийся дольмен, описанная в книге А.А.Формозова «Памятники первобытного искусства» [3].

«В 1960 г. решено было перевезти из Эшери какой-нибудь дольмен в Сухуми — во двор Абхазского музея. Выбрали самый маленький и подвели к нему подъемный кран. Как ни крепили петли стального троса к покровной плите, она не двигалась с места. Вызвали второй кран. Два крана сняли многотонный монолит, но поднять его на грузовик оказалось им не по силам. Ровно год крыша Эшери стояла, дожидаясь, когда в Сухуми прибьет механизм помощнее. В 1961 г. с помощью такого механизма все камни погрузили на автомашины. Но главное было впереди:

собрать домик заново. Реконструкция осуществлена лишь частично. Крышу опустили на четыре стены, но развернуть ее так, чтобы их края вошли в пазы на внутренней поверхности кровли, не смогли. В древности же плиты пригонялись друг к другу настолько, что клинок ножа между ними не пролезал. Теперь тут остался большой зазор».

Каким образом в начале бронзового века при отсутствии специальной строительной техники (хотя и она, как мы видим на примере Эшери, не все решает) строители добивались сверхточной подгонки многотонных блоков? Вопрос, на который ответа сегодня нет.

**Петроглифы.** На фронтальных плитах некоторых дольменов имеются рельефные рисунки — петроглифы. Для получения такого рельефа строителям пришлось бы стачивать слой камня со всей плоскости фронтальной плиты. При этом сам барельеф выполнен очень точно. Поверхность камня гладкая и не содержит следов обработки. Объем работы по созданию такого барельефа огромен и требует обладания сложной технологией обработки камня и определенного технического оснащения.

**Технологические элементы.** На конструктивных элементах дольменов встречаются интересные артефакты, возникновение которых нельзя объяснить процессом механической обработки и подгонки блоков [4].

Покровная плита дольмена имеет вид природного камня с фактурой застывшего раствора со скругленными покатыми гранями и углами. На нижней грани покровной плиты часто можно наблюдать четкую границу, образованную по принципу растекания пластичной массы по твердой горизонтальной поверхности. Торец плиты имеет округлую форму и не носит следов колки или обработки камня.

У больших покровных плит на боковых гранях и фронте



Петроглифы на порталной плите дольмена в пос.Широкая Щель.





Дольмен в пос.Пшада. Слева — округлый торец покровной плиты, нижняя поверхность покровной плиты и четкая граница разделения. Справа — боковой торец покровной плиты.

можно наблюдать четкую грань между боковой плоскостью и верхней и нижней поверхностями плиты. Верхняя поверхность плиты закругляется и резко переходит в боковую плоскость — как будто пластичная масса растекалась по плоскости, ограниченной опалубкой (вероятнее всего, земляной).

На нижней части покровной плиты в большинстве дольменов видны следы натеков и посадочные выемки, в точности соответствующие граням верхних торцов плит. Следов обработки камня нет.

Боковые плиты плиточных дольменов имеют на разрезе характерную линзообразную форму с выпуклостью наружу. Внутренняя поверхность плиты абсолютно ровная. Торцы плит имеют вид совершенно дикого природного камня, и на них отсутствуют следы от шпуров.

При внимательном осмотре плит дольмена можно увидеть самые разнообразные литевые артефакты: границы контакта масс, текстуры течения, газовые пузыри, кусочки вмурованной породы.

В составных дольменах особенно хорошо видна идеальная стыковка блоков сложной формы по криволинейным границам сопряжения. Пример — составной дольмен на горе Нэксис в Геленджикском р-не. Качество стыковки многотонных



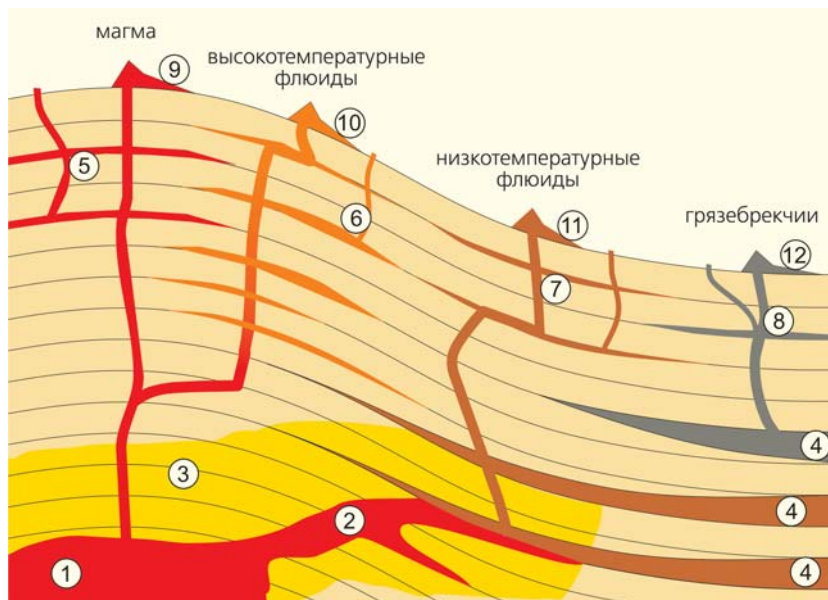
Вид со стороны портала на пяточную плиту, заднюю и боковые стенки и плиту перекрытия составного дольмена на горе Нэксис.

каменных блоков стен и покровной плиты поражает воображение. Боковые блоки Г-образные, они загибаются и переходят на заднюю стенку. Стыковочные швы криволинейные, но блоки сопоставлены абсолютно точно.

Вышеуказанные примеры пластичного формования блоков привели нас к выводу, что элементы дольменов изготавливались не путем колки и обтесывания камня, а путем формирования их из пластичной массы.

### Флюидолиты

Процессы, в результате которых из глубин на дневную поверхность может поступать пластичная или текучая масса, которая в приповерхностных слоях и на поверхности затвердевает и литифицируется, в геологической литературе рассматривались с разных позиций. Согласно обобщенной геологической модели формирования восходящих флюидальных потоков различного генезиса, подобные



Геологическая модель формирования восходящих флюидалных потоков. 1 — батолит, 2 — шток, 3 — зона термометаморфизма, 4 — зоны образования низкотемпературных флюидов (зоны аномально высоких пластовых давлений), 5 — интрузивные магматические породы, 6 — интрузивные высокотемпературные флюидолиты, 7 — интрузивные низкотемпературные флюидолиты, 8 — интрузии грязобрекчии, 9 — эффузивные магматические породы, 10 — эффузивные высокотемпературные флюидолиты, 11 — эффузивные низкотемпературные флюидолиты, 12 — излияния грязобрекчии.

горные породы занимают вполне закономерное место [5, 6].

В.Н.Холодов в работе «О природе грязевых вулканов» [7] пишет: «Когда пласт песка входит в область разуплотнения и

сверхвысоких поровых давлений, он превращается в плавун, пластичность песчаника и глины выравнивается, и они оба деформируются как весьма пластичные и сходные образования.



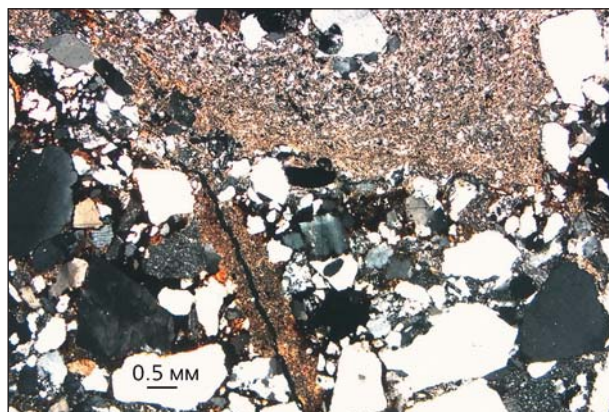
Подчеркнутые выветриванием отдельности песчаника в районе пос.Пшада.

Иногда перепад поровых давлений в глинах и песчаниках настолько велик, что их соприкосновение приводит к более ярким гидроразрывам; под огромным давлением разжиженный песок инъецируется в трещины, заполняет их и после декомпрессии цементируется компонентами, растворенными в пульпе. Именно так формируются песчаные дайки, горизонты с включениями, диапировые апофизы и другие консеквентные тела, описанные нами в ряде предшествующих работ. Они нередко ассоциируются именно с грязевыми вулканами, и это приводит к мысли, что в очаг подобных образований помимо разжиженных флюидами глин могут входить также разжиженные пески-пльвуны. Их проявления особенно типичны для грязевых вулканов Туркмении, где грязобрекчии часто содержат тела песчаников самой причудливой формы».

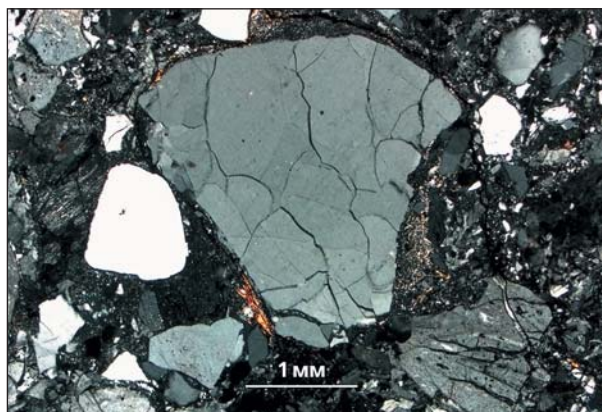
С других позиций этот процесс рассматривают сотрудники ВСЕГЕИ. В «Петрографическом кодексе России» [8], изданном в 2009 г., подобные породы описаны под названием «флюидолиты» и определены как новый тип эндогенных горных пород. Образовались флюидолиты в результате проникновения (импрегнация) флюидного вещества, зачастую послойного, во вмещающую среду (раму). При этом происходили сброс или экстракция отдельных ингредиентов, в том числе рудных, фиксация вещества флюида в новом пространстве и в конечном счете образование пород и геологических тел со специфическими признаками.

Флюидолиты встречаются в различных геологических обстановках как в складчатых областях, так и на древних платформах [9]. Описанию структуры таких пород посвящена книга «Флюидно-эксплозивные образования в осадочных комплексах» [10]. Отметим также, что И.И.Чайковский в своей докторской диссертации, описывая

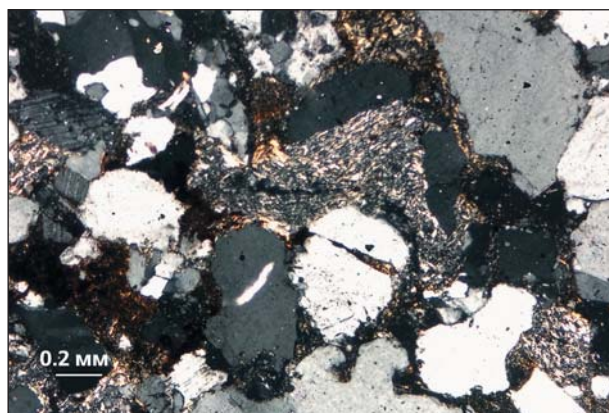




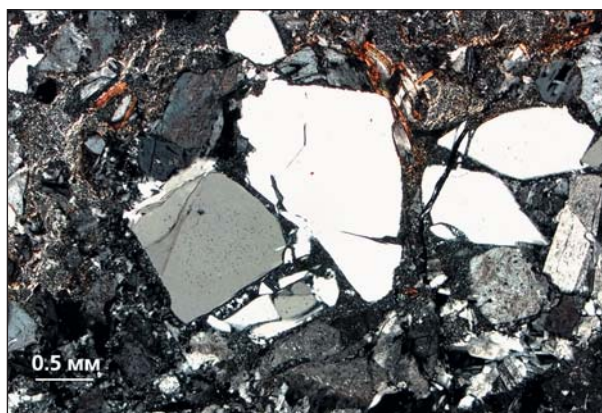
Шлиф горной породы из скалы возле пос. Пшада. След флюидального микропотока, состоящего из алевритистого аргиллита. Песчаник (микстит) разнозернистый, с обломочным материалом размерностью от тонко- (0.07—0.1 мм) до крупнозернистого (1 мм).



Шлиф горной породы из скал в районе пос. Малое Псеушхо. Туф кислого состава псаммитовый литокристалло-клас- тический. На 85—90% состоит из обломков (часто растрескавшихся) кристаллов кварца и полевых шпатов. Обломки угловатые, нередко с признаками «дробления на месте».



Шлиф из породы дольмена в пос. Пшада. Песчаник средне- зернистый со следами флюидной проработки. Ярко выражены признаки дробления и вторичного растворения зерен. Зерна притерты друг к другу по прямой линии — след постседиментационного стресса.



Шлиф из породы дольмена Малое Псеушхо. Горная порода того же типа, что и в дольмене Пшада. Еще более ярко выражены признаки постседиментационного дробления зерен; также видны сростки калиевого полевого шпата с биотитом.

глубинные алмазонасные флюидолиты, относит их к продуктам взрывно-грязевого вулканизма.

В местах предполагаемой добычи сырья для создания дольменов в обнажениях коренных пород и в крупных глыбах массивного песчаника можно наблюдать характерные пластические деформации, возникшие в период их образования. Наблюдаются следы контакта масс, образующих геологическое тело и отпечатки вмещающих пород. Встречается характерное поверхностное растрескивание

песчаника по типу «хлебной корки». В глыбах песчаника наблюдаются различные текстурные признаки, обусловленные прерывистостью процесса формирования пород, его многократной импульсивностью. Часто в песчанике различимы кусочки захваченного из вмещающих пород аргиллита, мергеля, известняка.

Вывод о флюидной природе материала дольменов подтверждается и петрографическими исследованиями. В шлифах наблюдаются следующие особенности пород, характерные для

флюидолитов и аналогичные описанным в «Атласе структур и текстур флюидно-взрывных пород» [11]: неоднородная структура при различных сочетаниях обломочного материала и цемента; присутствие в породе фрагментов вмещающих пород; следы органического вещества; признаки дезинтеграции минеральных зерен и литокластов изнутри с центробежным расположением их частей с конформными границами и заполнением вновь возникающих трещин матриксом; неравновесное сочетание минераль-

ных зерен и специфический петрохимический состав породы.

Петрографический анализ образцов материала, из которого сделаны дольмены, и образцов флюидогенного песчаника близлежащих скальных обнажений показывает сходство минерального состава как обломочного материала, так и цемента. Состав песчаника, из которого сделан дольмен, и песчаника скальных обнажений оказался полностью идентичен. Это позволяет точно определить источник строительного материала.

### Реконструкция технологии строительства

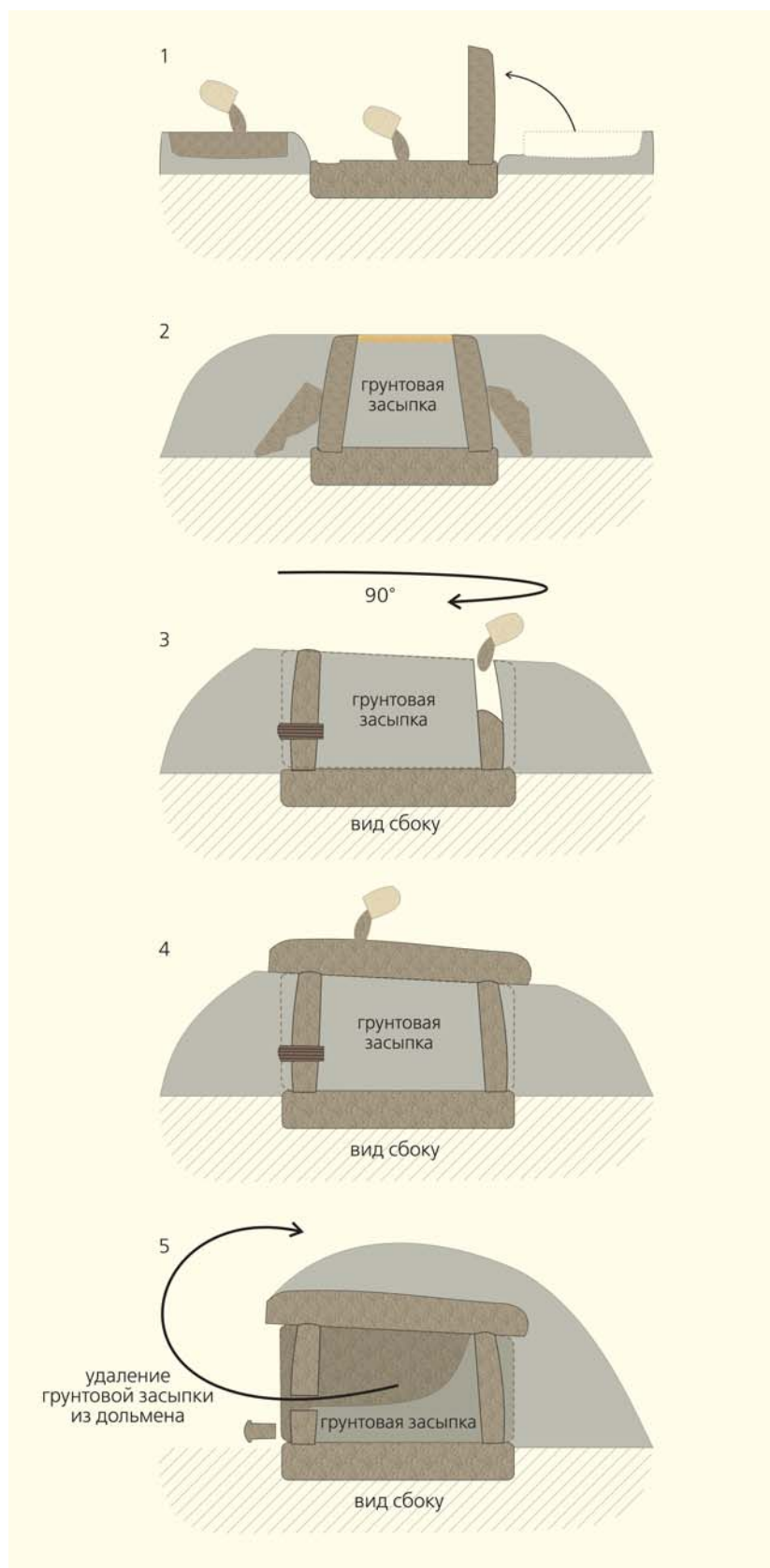
Приведенные нами данные позволяют предположить, какая технология использовалась при строительстве дольменов. Дольмены и их отдельные элементы отливались или лепились из флюидогенной массы *in situ*. Вот как мог возводиться дольмен самого распространенного плиточного типа.

В котлован на месте будущего дольмена укладывалась флюидогенная масса, образующая фундамент будущего строения — пяточный камень. В земле делались формы под плиты будущих боковых стен, и производилась заливка.

После того как раствор набирал необходимую конструктивную прочность, плиту с помощью рычагов ставили на «торец». Боковые стенки опирали на распорки, наклоняя навстречу друг другу под небольшим углом.

Используя земляную засыпку, формировали опалубку для фронтальной и задней стенки между боковыми стенками. Очевидно, что сопряжение с боковыми плитами при наличии пазов было абсолютным.

По завершению изготовления фронтальной и задней плиты-стенки весь дольмен оказывался погребенным под земляным курганом-опалубкой. Вершина кургана-опалубки вырав-



Реконструкция последовательных этапов (сверху вниз) строительства плиточного дольмена методом заливки флюидогенной массы в земляную форму.



нивалась, и на нее укладывали флюидогенную массу, формируя покровную плиту. После литификации массы оставалось откопать портал. Через отверстие извлекали землю из дольмена.

При строительстве составных дольменов также изготавливали пяточный камень. Затем насыпалась земляная опалубка и в нее укладывали флюидогенную массу. Размер заливаемых блоков, видимо, определялся количеством добываемого раствора либо его качеством (временем схватывания), а также временем доставки от источника до строительной площадки. Стыковочные швы получались идеальными, а форма блоков могла быть самой причудливой.

Технология заливки элементов дольменов из пластичной массы объясняет, как бригада в несколько человек с минимумом примитивных инструментов (каменные скребки, корзины, рычаги) может построить многотонный дольмен. Технология литья составных частей дольменов полностью объясняет фантастическое многообразие конструктивных решений и качество сопряжения строительных конструкций. Дальнейшее изучение механизма формирования и образования флюидолитов позволит более детально восстановить техноло-

гию создания этих мегалитических построек.

Наша модель формирования дольменов позволяет объяснить упомянутые в начале статьи проблемы, связанные с их строительством:

— строителям дольменов не нужно было добывать в каменоломнях огромные блоки песчаника;

— флюидогенные массы переносились вручную от их выхода на поверхность на место строительства дольмена. При такой транспортировке не было необходимости в прокладке специальных дорог;

— для формирования строительных элементов будущего дольмена флюидогенную массу укладывали в земляную опалубку или же будущий элемент, если позволяла вязкость «раствора», непосредственно формировали (лепили) на месте;

— следы затесов, которые видны на внутренней поверхности дольменов и на портале, вполне могли быть оставлены каменными, бронзовыми и даже деревянными скребками-шпателями;

— изумляющая всех сверхточная подгонка многотонных блоков по криволинейным стыкам, — естественное свойство технологии лепки или литья;

— нанесение на поверхность плит выпуклых знаков

и петроглифов могло быть результатом формирования или резьбы по нелитифицированной флюидолиту;

— дольменная культура возникла во время активных геологических процессов на данной территории, сопровождавшихся излияниями флюидогенной массы. Со временем геологическая активность в регионе утасла, излияния прекратились и дольменная культура утасла, лишившись строительного материала.

\* \* \*

Геологические условия для выделения флюидолитов в пластичном состоянии на поверхности земли не уникальны и характерны не только для Кавказа. На нашей планете существует множество мест, где создаются геологические условия для зарождения флюидов и их выходов на дневную поверхность.

Возможно, что в тех местах, где происходил выход флюидолитов на дневную поверхность, в определенный исторический период, при условии существования на этой территории этноса с некоторыми сформированными религиозными представлениями, возникали условия, при которых люди использовали флюидогенную массу для возведения культовых мегалитических сооружений. ■

## Литература

1. Марковин В.И. Дольменные памятники Прикубанья и Причерноморья. М., 1997.
2. Марковин В.И. Дольмены Западного Кавказа. М., 1978.
3. Формозов А.А. Памятники первобытного искусства на территории СССР. М., 1980.
4. Шариков Ю.Н., Комиссар О.Н. Дольмены Кавказа: геологические аспекты и технологии строительства. Краснодар, 2011.
5. Комиссар О.Н., Кузьмин Я.В., Шариков Ю.Н. Исследование осадочных горных пород в районах расположения дольменов Западного Кавказа // Труды III (XIX) Всероссийского археологического съезда. Т.2. СПб.; М.; Великий Новгород, 2011. С.389—392.
6. Холодов В.Н. Песчаный диапиризм — новая сторона катагенетических процессов // Литология и полезные ископаемые. 1978. №4. С.50—66; №5. С.52—63.
7. Холодов В.Н. О природе грязевых вулканов // Природа. 2001. №11. С.47—58.
8. Петрографический Кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. СПб., 2009.
9. Якобсон К.Э., Казак А.П., Толмачева Е.В. Туффзиты под Санкт-Петербургом // Природа. 2003. №5. С.61—63.
10. Казак А.П., Копылова Н.Н., Толмачева Е.В., Якобсон К.Э. Флюидно-эксплозивные образования в осадочных комплексах / Ред. К.Э.Якобсон. СПб., 2008.
11. Якобсон К.Э., Казак А.П., Копылова Н.Н. и др. Атлас структур и текстур флюидно-эксплозивных пород / Ред. К.Э.Якобсон. СПб., 2011.