

УДК 549.057

ПСЕВДОБЕТОН ДРЕВНЕГО ЕГИПТА

М.А. Брызгалов

PSEUDO CONCRETE OF ANCIENT EGYPT

M.A. Bryzgalov

Аннотация. В статье публикуются исторические, геологические, химические и технико-экономические обоснования верности указаний Плиния Старшего, о применении псевдобетона при строительстве галерей и монолитных сводов. Упомянутый античными авторами псевдобетон технически и технологически реализуем в качестве строительного материала в составе: нильского ила (смесь извести и глинозема), почвы нильских порогов (смесь извести и песчаника), натурального натрия (активатора бетонной смеси) и наполнителя (отходов каменоломен) с возможным применением стеблей и канатов из папируса (содержащего лингин) в качестве армирующего элемента.

Ключевые слова: псевдобетон; опалубка; бетонный камень; цемент; нильский ил; смесь извести и глинозема; почвы нильских порогов.

Abstract. The article publishes historical, geological, chemical and feasibility studies of the correctness of the instructions of Pliny the Elder, on the use of pseudo-concrete in Egypt in the construction of galleries and monolithic vaults. The pseudo-concrete mentioned by ancient authors is technically and technologically realized as a building material consisting of: Nile silt (a mixture of lime and alumina), soil of the Nile rapids (a mixture of lime and sandstone), natural sodium (an activator of the concrete mixture) and filler (quarry waste) with the possible use of papyrus stems and ropes (containing ligin) as a reinforcing element.

Key words: pseudo-concrete; formwork; concrete stone; cement; Nile silt; lime and alumina mixture; Nile rapids soils.

Каменный век стал отправной точкой начала человеческой цивилизации. Полезное ископаемое – природный камень, добытый и обработанный нашим первобытным предком предстало не только примитивным орудием труда, но и первым строительным материалом в истории. Применение горных пород человеком в своей жизнедеятельности явилось важнейшей вехой в развитии цивилизации.

Горные породы, в том числе применяемые в строительной сфере, как известно, разделяются на первичные, и вторичные. Первичные минералы, образовались при формировании магматических и частично метаморфических горных пород, а вторичные минералы сложились в более поздние временные отрезки уже из первичных горных пород. Вторичные минералы являют себя только в осадочных горных породах, таких, к примеру, как обычный гипс и каолинит.

Кроме того, практически все строительные горные породы, можно разбить на группы минералов, из которых наибольший интерес для нас представляют карбонаты, шпаты и сульфаты. При выветривании полевых шпатов образуется водный алюмосиликат ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) или каолинит, представляющий собой основу глин. Представляет определенный интерес известковый шпат (кальцит), как наиболее распространённая форма карбоната кальция ($CaCO_3$). Всем известная известь является оксидом кальция (CaO), а гипс не что иное, как классическая разновидность сульфата кальция ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$).

Наиболее распространенной осадочной горной породой, пригодной для строительства, является известняк. Данный минерал состоит из кальцита CaCO_3 и примесей глины, кварца, доломита, а также других видов примесей. Эти примеси напрямую влияют на удельные характеристики известняка. Так, примеси MgCO_3 и SiO_2 повышают такие важные качественные показатели как твердость, прочность и стойкость известняков. Плотность известняков находится в диапазоне от 800 кг/м^3 до 2800 кг/м^3 , а прочность на сжатие от 0,4 до 300 МПа. Известняки обладают низкими показателями твердости, отлично поддаются обработке и поэтому с древнейших времен активно используются человеком при возведении зданий и сооружений.

Горные породы являются основной сырьевой базой для изготовления строительных материалов. Из них в частности, получают цементы различных марок и их производные - бетонные смеси.

Первый бетон, а точнее псевдобетон, появился еще на заре развития человечества, в каменном веке. Наиболее древний искусственный камень, изготовленный человеческими руками, который можно охарактеризовать как бетон, был найден археологами на берегу Дуная в поселке Лапенски Вир и датируется 5600 г. до н. э. Е. Ван Деман, назвала такой материал псевдо- или квази (якобы) бетоном.

Пол одного из обнаруженных жилищ толщиной 25 см был отлит из псевдобетона приготовленного на основе смеси гравия и красноватой местной извести. Заслуживает внимания тот факт что, примененная в данной смеси известь доставлялась по реке за 400 км от места ее добычи.

Следует отметить, что строительный псевдобетон каменного века за счет своей прочности и доступности вышел на историческую авансцену гораздо раньше металлов. При этом основными по объемам строительными материалами каменного века, по прежнему, были фрагменты горных пород. До сих пор можно в различных уголках мира увидеть уложенные друг на друга каменные глыбы мегалитов. Изготовление таких строительных объектов требовало от мастеров древности серьезных технических навыков и высокого уровня мастерства. Отдельный интерес представляет методика и методология обработки каменных оснований. Примем во внимание, что и в наше время каменные блоки (по СТБ EN 771-6-2020 и ГОСТ 9479-2011) получают такими методами, как пиление или раскол из массивов горных пород. Совершенствовались и строительные составы для скрепления каменных блоков.

Еще с глубокой древности финикийцы, египтяне, карфагеняне для скрепления камней довольно активно применяли строительные застывающие растворы. Наиболее раннее употребление псевдобетонного состава в Египте, обнаруженное в гробнице Тебесе (Теве), датируется 1950 г. до н. э. Строители Урарту еще с VIII века до новой эры так же применяли квази бетонные составы при возведении зданий и сооружений, таких, к примеру, как храмы или крепости.

Но наибольшее распространение бетон получил в Римской империи. Известный римский инженер Маркус Витрувий Поллион описал в «On Architecture» римский бетонный состав. В следующий раз, бетон уже появляется в сохранившихся литературных источниках приблизительно спустя девяносто лет, в «Natural History» Плиния Старшего. Он с восхищением пишет о виденных им в Африке и Испании «формованных» стенах таких построек. «...Веками стоят они, не разрушаемые ни дождем, ни огнем, более прочные, чем сделанные из бутового камня...» [1]. Плиний недаром называл такие стены «формованными» [2], так как они, действительно, изготавливались путем трамбования или формования влажного грунтового состава с камнем, уложенных между деревянными щитами опалубки, и в этом смысле являлись прообразом современных монолитных бетонных стен.

Наиболее раннее применение бетона на африканском континенте, в Египте, обнаруженное в гробнице Тебесе (Теве), датируется 1950 г. до н. э. По сведениям Плиния

Старшего, бетон был применен при строительстве галерей египетского лабиринта и монолитного свода пирамиды Нима задолго до нашей эры [3].

При этом, Плиний неоднократно подчёркивал бесполезность дорогостоящих египетских культовых сооружений, противопоставляя им полезные и не менее грандиозные акведуки и канализацию [4].

В дальнейшем, с развитием цивилизации, появляются сооружения возведенные на основе каменной и кирпичной кладки, с применением вяжущего агдезивного состава. Наиболее интересны в данном плане кирпичные стены Древнего Египта.

Египтяне свои кирпичи не обжигали, а обезвоживали естественным способом. Согласно археологическим данным, кирпичи формировались из соломы и ила, с последующей сушкой на солнце, и покрытием поверхности еще одним слоем нильского ила. После высыхания стена из такого кирпича становилась строительным монолитом и в условиях отсутствия осадков представляла собой крепкое и надежное сооружение. Правда, необожженный кирпич, продукт слабой влагостойкости и крайне неустойчивый к внешним воздействиям в виде дождливой погоды.

Представляет релевантный интерес и опыт других древних центров развития мировой цивилизации. Ассирийцы и вавилоняне в отличие от египтян применяли в строительстве обожженный кирпич, в котором вяжущим веществом выступал битум. Однако не у всех древних народов имелся свободный доступ к нефтеносным месторождениям, необходимым для приготовления битума.

В массивных сооружениях египтян мы уже встречаем прообраз системы соединения каменных блоков и плит с помощью раствора, состоящего из смеси песка и вяжущего материала. Обычно, при описании типичного египетского раствора того времени, полученного из старинных сооружений, называют обожженной известью.

У древних египтян одним из основных вяжущих пластических материалов в строительном секторе служил так же обожженный гипс. Так как гипс исторически добывался в значительно загрязненном виде, и содержал карбонат кальция, который большей частью разлагался в процессе обжига. Но даже обнаруженный в неразложившемся виде в растворе карбонат кальция создавал впечатление, что для приготовления строительного растворного состава была применена известь. Ввиду того, что гипс неравномерно обжигался, так что раствор обычно представлял собой смесь природного минерала и намертво обожженного гипса. Такой раствор должен был отличаться неравномерным схватыванием и причинять строителям много неприятностей.

Важно отметить, что египетские мастера специально разделяли раствором строительные блоки, покрывая их поверхность тонким слоем раствора извести, чтобы предотвратить прилипание. Это было сделано профессионально обоснованно, поскольку иначе строительный объект превратился бы в единый монолит, подверженный растрескиванию под воздействием внутренних напряжений, и перепадов температуры.

В отличие от древнеегипетского псевдобетона, важным шагом вперед был римский бетон, со своей богатой многовековой историей. Как было указано выше, в древнем Риме, бетон употреблялся столетиями. Раствор готовился на основе известкового раствора и вулканического пепла. Вулканический пепел придавал бетону водостойкость, а качество растворов, улучшали химически, путем перевода гидроксида кальция в гидросиликат кальция. Для этого добавляли гидравлическую добавку - активный кремнезем и получали необходимый гидросиликат кальция.

Учитывая возможность отливок псевдобетонного камня, возникает потребность в применении на практике опалубки. Иными словами, другим важнейшим вопросом после состава бетонной смеси, является вопрос приготовления опалубки. Для проведения процесса литья псевдобетонного камня в древности, как и сейчас необходима была качественная и недорогая опалубка. До сих пор опалубка представляется нам важнейшей составляющей литья бетонных смесей. В настоящее время соответствующим ГОСТ Р 52086-2003

регламентируется применение мелкощитовой опалубки, состоящей из малогабаритных щитов, поддерживающих, соединительных и монтажных элементов массой до 50 кг, допускающих монтаж опалубки вручную. Одним из центральных вопросов применения опалубки в строительной сфере и в древности и сейчас является ее конструкция. Согласно ГОСТу 34329-2017 п. 6.1.4 конструкция опалубки обеспечивает: прочность, жесткость и геометрическую неизменяемость формы и размеров, точность геометрических размеров монолитных конструкций, максимальную оборачиваемость и минимальную стоимость в расчете на один оборот.

Строители не понаслышке знают, какие мощные распирающие силы воздействуют на опалубку при заливке бетонной смеси. В данном контексте необходимо учесть, что давление на стенки опалубки прямо пропорционально столбу бетона и имеет максимальное значение внизу. В настоящее время, по СП 70.13330.2012. Свод правил. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 данное давление равно произведению $R \times H$.

К примеру, существует потребность в заливке плиты высотой в четверть метра (25 см). С целью решения этой задачи проведем расчет, согласно формуле, по СП: $2500 \times 0,25 = 625$ кгс/кв.м. Если 1 погонный метр опалубки имеет площадь $0,25 \times 1 = 0,25$ кв.м, то давление на 1 погонный метр будет $625 \times 0,25 = 156$ кг/м.п., с учётом вибрирования бетона 200 кгс/м.п.

Если высота опалубки равна 0,9 м, то давление составит $2500 \times 0,8 + 400 = 2400$ кгс/м кв. Отсюда: давление на 1 погонный метр составит 1600 кгс/м.п. Разница ориентировочно примерно в десять раз.

Таким образом, можно сделать вывод, что в целях отливки высоких стенок плит древние строители могли разбивать заливку на несколько этапов и заливать за один раз не более 25 см. Потом переставлять опалубку выше. Кроме того, что съёмная опалубка дешевле по расходным материалам, чем смонтированная на всю высоту, при использовании съёмной опалубки серьезно уменьшается риск того, что она не выдержит нагрузок при заливке бетонной смеси. Можем предположить что, древние египетские строители при возведении гробницы Тебесе (Тебе), датируемой 1950 г. до н. э. проводили заливку в опалубку слоями толщиной по 25 см, круг за кругом, пока не была залита необходимая высота конструкции. Такой вариант заливки бетонной смеси позволял избежать излишней нагрузки в одной точке опалубки, т.к. высота заливки увеличивалась постепенно. И к моменту достижения заданной высоты нижний слой псевдобетона уже схватится, что, соответственно, уменьшало давление на стенки опалубки. При этом древние строители учитывали, что при наличии неравномерности нагрузки, то области растяжения неизбежно создадут в бетонном камне трещины, из-за чего возможно разрушение строительной конструкции.

Чтобы избежать столь губительных последствий, для увеличения прочности материала необходимо было применять армирование псевдобетона. Разница между армированным псевдобетоном и простым наиболее ярко проявляется в эмпирических показателях прочностных характеристик. Материал хорошо переносит нагрузку на сжатие, но не способен без дополнительного усиления противостоять нагрузкам на растяжение и изгиб. Для этого по настоящее время бетон и армируют другим материалом. Прочность арматурного соединения с псевдобетоном довольно большая. Полученный псевдобетонный камень не будет деформироваться даже при довольно серьезных перепадах температур по причине того, что коэффициенты их теплорасширения являются практически одинаковыми. Укрепление бетона позволяет перераспределить нагрузку.

Качество опалубки во многом зависит от того, из какого материала её сделали. Согласно данным античных авторов, у древних египтян было мало деловой древесины. Но у них был папирус, который широко использовался в технических целях, в том числе для плетения канатов, циновок и даже постройки судов.

В свое время известный норвежский путешественник Тур Хейердал увидел на озере Чад папирусные лодки - кадай и познакомился поближе с технологией вязки папируса [5]. Данная технология состояла в следующем: стебель расщеплялся вдоль на четыре части, но не до конца. Затем в разрез комлем вперед вставлялись четыре целых стебля. Стебли туго перевязывали веревками. Отметим, что с древнейших времен, египтяне использовали папирус в экономике в промышленных масштабах. Согласно данным Теофраста, такелаж флота правителя Антигона был сделан из папируса. Другой пример можно встретить в Одиссее, где описывается морской трос, который держал дверные ставни в то время, когда Одиссей расправлялся с просителями в своём доме (Одиссея XXI. 390).

До наших дней дошли и подтверждения выше сказанному, эмпирического характера. Образцы папирусных канатов сохранились, в том числе в известняковых карьерах Туры к юго-востоку от Каира, причем отдельные образцы имели 6,5 см в сечении.

Следуя логике, что спрос рождает предложение, папирус выращивался в Древнем Египте в промышленных масштабах. Французский папиролог Даниэль Боннэ вычислил, что в Фаюмском оазисе - главной египетской житнице - в античные времена было не менее 1300 км² папирусных угодий. По мнению Джона Гаудета, в птолемеевскую эпоху под папирусом могло быть занято не менее 6500 км² долины Нила и оазисов.

Значительным преимуществом папируса как технической культуры была его неприхотливость: он мало зависел от колебаний погоды (не переносил сухости), его почти не поражают болезни и насекомые, неохотно едят домашние и дикие животные. Таким образом, исходя из вышесказанного можно сделать вывод о наличии у египтян достаточной сырьевой базы для промышленного изготовления армировочного элемента.

Далее обратимся к другой важной составляющей химии псевдобетонов - жидкости. Без воды нет бетона. Важнейшим составляющим бетонной смеси является вода. Для Древнего Египта - это прежде всего нильская вода. Она являлась ценнейшим элементом при производстве папируса. По свидетельствам античных авторов, вся харта (др.-греч. χάρτης, лат. charta) изготавливается на влажном столе, смоченном нильской водой. Мутная нильская вода усиливает клеящие свойства. Проведённые физико-химические исследования Швейцарской высшей технической школы показали, что сохранность папируса находится в прямой зависимости от наличия лигнина в исходном сырье. Лигнин, как известно является материалом способным соединять казалось бы несоединимые вещества.

Египетские жрецы рассказывали греческим путешественникам, что во времена первого царя их, Менеса, Египет, до самого Меридова Озера, представлял одно обширное болото. Новейшая наука доказала справедливость этих рассказов. Не подлежит сомнению, что способная к обработке почва Египта образовалась из наносов нильского ила. В нижних слоях этой почвы множество окаменелых морских животных, пемзы, круглых кремней, шлаков, базальтов, яшмы и вулканических веществ, которые долгое время должны были находиться в морской воде и мало по малу вытеснены возрастающим наносом [6].

Согласно данным опубликованным А.Б.Клот-Бей в книге «Египет в прежнем и нынешнем своем состоянии» [4] нильский ил - чистый ил, образующий плодородную почву, состоит, по исследованиям французской экспедиции, из следующих частей:

1-е Из алюминита (водного сернокислого глинозема), который составляет три пятых частей его.

2-е Из известковой углекислой соли, составляющей немного более одной пятой.

3-е Из чистой углекислой соли (около одной десятой части.)

4-е Из пяти или шести сотых железной окиси, сообщающей водам красный цвет, какой они и имеют во время разлива.

5-е Из двух или трех сотых углекислого горькозема.

6-е Из нескольких атомов кремнезема, которые раздроблены так мелко, что остаются на поверхности воды, не оседая на дно.

Нил наносит также, во время разлива, значительное количество кварцевого песка [3].

Таким образом, нильский ил за вычетом примесей, представляет собой готовую смесь извести и глинозема, вместе составляющих 4/5 общего его объема, основу простейшей бетонной смеси.

Далее отметим, что необходимым наполнителем псевдобетонной смеси древних египтян могли выступать почвы нильских порогов.

Согласно данным опубликованным А.Б.Клот-Бей в книге «Египет в прежнем и нынешнем своем состоянии»:

Нильские пороги, вероятно, суть только последние ступени наклонности первобытного хребта, через которые должна была течь река и от которых зависят извилины реки, сообразные с направлением главного хребта...

Первозданный слой переходит к второзданному, следуя направлению почти параллельному с тем, какое мы видели в главном хребте. Состав почвы в северной части линии, идущей к западу от реки, и до берегов Средиземного моря есть уже состав второзданных почв. В нем господствует известь, перемешанная с песчаником и валунами, которые всегда почти находятся между первозданными и второзданными почвами [4].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что почва нильских порогов, используемая древними египтянами, представляла собой часть второзданных почв, состоящих из извести и песчаника [6]. Данные материалы и в настоящее время составляют основу строительных бетонных смесей. Следует отметить, что известь второзданных почв не требует последующего измельчения, как в случае обычного известняка и готова к применению для непосредственного приготовления бетонного камня [7].

Важным моментом проведения строительных работ с применением псевдоцемента, приготовленного из осадочных и вулканических горных пород является его активация. Интересны не только в научном плане, но и в плане практического применения полученные результаты в области создания и изучения особо высокопрочных безобжиговых, бесцементных материалов из осадочных и вулканических горных пород полученные на кафедре «Технологии бетонов, керамики и вяжущих» Пензенского ГУАС, где созданы материалы из горных пород, активизированных малыми добавками шлака и щелочей.

В Египте и в настоящее время присутствуют такие природные активаторы. Само название "натрий" происходит от древнего слова, распространенного в Древнем Египте. Оно встречается у Плиния (Nitron), у других древних авторов. В древнем Египте натроном называли вообще щелочь, получаемую не только из природных содовых озер, но и из золы растений. Ее употребляли для мытья, изготовления глазурей, при мумификации.

Существует вероятность использования натрия в качестве активатора бетонной смеси, состоящей из нильского ила, песка, почв нильских порогов, с возможностью армирования стеблями и канатами из папируса. Опалубка для проведения бетонирования могла производиться так же из папируса, учитывая огромные объемы выращивания этой культуры в Древнем Египте. Линигин, участвовал в процессе как материал способный соединять казалось бы несоединимые вещества.

В современном мире процесс производства цемента заключается в обжиге смеси сырьевых материалов, состоящих в основном из карбоната кальция и алюмосиликатов. Наиболее типичными материалами, отвечающими этому условию, являются известняк и глина, встречающаяся в природе в значительных разновидностях. Не секрет, что промышленное производство цемента, развивается в основном в районах, где имеются залежи этих двух сырьевых материалов. В Англии такими районами являются отмели нижней Темзы, Медуэй и Хемоер, где используется мел и наносной ил.

Химический состав медуэйского ила (1-го вида) в %, включает в себя три основных компонента, а именно: SiO₂ - 60.66%, Al₂O₃ - 15.05%, щелочи- 8,81%.

Процесс производства цемента заключается в составлении однородной смеси. Существуют два способа производства – мокрый и сухой. Мокрый способ, имеющий большую давность, вначале применялся при подготовке сырьевой смеси из мягких

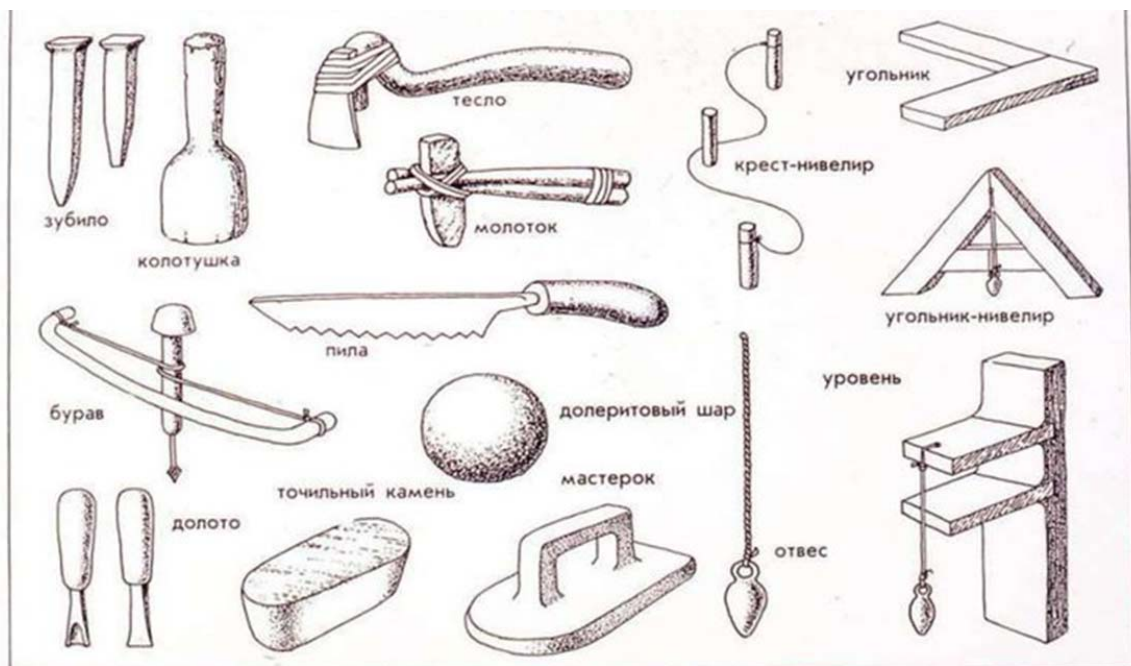
материалов, таких как мел и речной ил. Впоследствии им стали пользоваться и при переработке более твердых сырьевых материалов, - известняка и глинистого сланца.

При использовании ила, извести и песчаника не требуется дробить камень в щебень и толочь щебень в порошок. Не нужен и обжиг порошка на огне. Таким образом, отпадает потребность в топливе (дровах). К тому же Египет до сих пор беден деревом и в древности его едва хватало на нужды металлургии и керамики.

Сделаем также предположение, что корзины с египетским псевдоцементом доставляли к месту строительства непосредственно от нильских порогов, как впрочем, и камень, который так же добывали на противоположном берегу Нила.

Существенным вопросом остается вопрос утилизации отходов древнеегипетских каменотесов. Вопрос утилизации отходов актуален и поныне. По данным Минприроды, каждый год только в России появляется 7,7 миллиарда тонн промышленных отходов. Из них 7,2 миллиарда тонн - отходы, которые возникают при добыче полезных ископаемых. Таким образом, наиболее отходоёмкими являются как раз работы по добыче и переработке горных пород.

Велики объемы отходов, образующиеся в процессе добычи и переработки горных пород. Например, при добыче и переработке мрамора совокупный объем отходов может достигать 33 % от общей массы породы. Учитывая современное развитие техники, все же третья часть добываемой горной породы уходит в отвалы.



Все пирамиды были построены этими инструментами. Египтяне не знали ни железа, ни бронзы, ни кранов, ни полиспастов. Инструменты изготовлялись из меди.

Рисунок 1 – Строительные инструменты древних египтян. (рис. взят из открытого источника [9])

Значительный интерес представляет вопрос себестоимости таких работ, с учетом отсутствия современных машин и механизмов, специализированной строительной техники, кранового хозяйства. А также в отсутствие железных орудий труда и колесной техники. Апостериори, медные образцы кирок и лопат древних египтян в отношении обработки горных пород представляют собой рудиментарный ручной инструментарий. Симбиоз применения псевдобетона и строительных блоков натуральных отесанных горных пород должен был максимально повысить качество возведенных древнеегипетских храмовых комплексов.

Таким образом, упоминаемый античными авторами псевдобетон Древнего Египта, технически и технологически вполне реализуем в качестве строительного материала в составе: нильского ила (смесь извести и глинозема), почвы нильских порогов (смесь извести и песчаника), натурального натрия (активатора бетонной смеси) и наполнителя (отходов каменоломен) с возможным применением стеблей и канатов из папируса (содержащего лингин) в качестве армирующего элемента. А применяемая при строительстве мутная нильская вода усиливала клеящие свойства компонентов. Недостаток древесины, как основного материала для опалубки, можно компенсировать применением передвижной опалубки при проведении строительных работ.

В итоге можно сделать вывод о том, что античные сведения Плиния Старшего, о применении бетона при строительстве галерей и монолитного свода [3] находят не только геологические, химические, но и технико-экономические основания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плиний Старший. Естественная история: Отрывки / Пер. и коммент. Б. А. Старостина // Хрестоматия по истории науки и техники. Москва: РГГУ (ППП «Типограф. Наука»), 2005. С. 122-148.
2. Плиний Старший. Вопросы техники в «Естественной истории» // Вестник древней истории. 1949. № 3, Москва: Издательство Академии наук СССР, С.27-35.
3. Кочетов В.А. Римский бетон. Из истории строительства и строительной техники Древнего Рима. Серия: Научно-популярная библиотека школьника. Москва: Стройиздат, 1991. 111 с.
4. Клот-Бей А. Б. Египет в прежнем и нынешнем своем состоянии : Пер. с фр. Ч. 1-2 / Пер. с фр. Андрея Александровича Краевского. Ч. 1-2. Санкт-Петербург: Глава 1. Обзорение Египта в физическом отношении. § 1. Положение, вид, границы и географическое разделение, Тип. Штаба Отдельного Корпуса Внутренней стражи, 1842, Ч. 1. Грав. загл. л., литогр. фронт., XI, V, LXXI, 277 С., карт., Ч. 2. Грав. загл. л., литогр. фронт., XII, IX, 439 С., карт., план.
5. Deming D. Science and Technology in World History. - Volume 1: The Ancient World and Classical Civilization. Jefferson-London: McFaland & Co, 2010. P. 170-171.
6. Бетон // Военная энциклопедия: [в 18 т.] / под ред. В. Ф. Новицкого. СПб.; [М.] : Тип. т-ва И. Д. Сытина, 1911-1915.
7. Бетон // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). - СПб.: Тип. т-ва И. Д. Сытина, 1890-1907.
8. Пирожников Л. Б. Занимательно о бетоне / Под. ред. А. Н. Попова. 2-е изд., доп. М.: Стройиздат, 1986. 104 с.
9. Как строились Пирамиды [Электронный ресурс]. URL: <https://www.icenut.ru/egypt/egypt119.htm> (дата обращения: 09.09.2022).

REFERENCES

1. Pliny the Elder. *Natural history: Excerpts* / Trans. and comment. B. A. Starostina // *Anthology on the history of science and Technology*. M.: RSUH (SPE "Typogr. Science"), 2005. P. 122-148.
2. Pliny the Elder. Questions of technology in "Natural History" // *Bulletin of Ancient History*. 1949. No. 3, Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, pp.27-35.
3. Kochetov V.A. *Roman concrete. From the history of construction and construction equipment of Ancient Rome*. Series: Popular Science library of a schoolboy Moscow, Stroyizdat, 1991. 111 p.

4. Klot-Bey A. B. Egypt in its former and current state: Trans. From fr. Ch. 1-2 / Trans. From fr. Part 1-2. St. Petersburg: Chapter 1. Overview of Egypt in physical terms. § 1. Position, type, boundaries and geographical division, Type. Headquarters Of The Separate Internal Guard Corps, 1842, Part 1. Grave. title. L., litogr. front., XI, V, LXXI, 277 P., maps., Part 2. Grave. title. L., litogr. front., XII, IX, 439 P., map., plan.

5. Deming D. *Science and Technology in World History*. Vol. 1: The Ancient World and Classical Civilization. - Jefferson-London: McFaland & Co, 2010. P. 170-171.

6. Concrete // *Military Encyclopedia*: [in 18 volumes] / edited by V. F. Novitsky. - St. Petersburg. ; [M.] : Type. t-va I. D. Sytina, 1911-1915.

7. Concrete // *Encyclopedic dictionary of Brockhaus and Efron* : in 86 t. (82 t. and 4 add.). - St. Petersburg, 1890-1907.

8. Pirozhnikov L. B. *Entertaining about concrete* / Ed. by A. N. Popov. 2nd ed., add. Moscow: Strojizdat, 1986. 104 p.

9. How the Pyramids were built [Electronic resource]. URL: <https://www.icenut.ru/egypt/egypt119.htm> (accessed: 09.09.2022).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Брызгалов Марк Анатольевич

Русское географическое общество, г. Кемерово, Россия.

E-mail: tatiana-mark@mail.ru

Bryzgalov Mark Anatolyevich –

Russian Geographical Society. Kemerovo, Russia.

E-mail: tatiana-mark@mail.ru