

**Долотов Ю.А.**

Русское географическое общество, Протвино, Россия

E-mail: urijdolotov27@gmail.com

## **О КЛАССИФИКАЦИИ НАУЧНЫХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

### **ABOUT THE CLASSIFICATION OF SCIENTIFIC UNDERGROUND STRUCTURES**

Наука – область человеческой деятельности, направленная на выработку и систематизацию объективных знаний [28]. Метод науки является совокупностью а) системы сбора и сохранения знаний (описание эмпирического материала – наблюдение фактов, измерение, количественное или качественное описание наблюдений с помощью моделей и других абстракций); б) теоретического аппарата, обеспечивающего первичный анализ результатов наблюдения (систематизация, вычленение значимого и второстепенного) и систематический критический анализ знаний с целью выявления закономерностей (обобщение или синтез: формулирование гипотез и формирование теорий; формулирование логических следствий из гипотез и теорий); в) экспериментального аппарата (система обоснования и верификации найденных закономерностей, проверки следствий и прогнозов); г) системы широкой и открытой передачи знаний как между учеными (научная литература), так и от учителей ученикам (образование: обучающие структуры, учебная литература).

Подземные сооружения, цель создания которых связана с научной деятельностью (т.е. с производством, накоплением и передачей знаний), называются научными архитектурными подземными сооружениями (научными АС) [37].

Наука в современном понимании начала складываться с XVI–XVII вв. поэтому научные АС – довольно поздний род сооружений и начинают они возводиться практически лишь с XX в.

Среди научных АС возможно выделить следующие виды (табл. 1).

Таблица 1. Виды научных подземных сооружений.

Знания:	вид деятельности		
	изучение (наблюдение, анализ)	методическая (практика, синтез)	трансляция (накопление, передача, воспроизводство)
Фундаментальные	<i>обсервационные лаборатории археологические</i>		<i>школы</i>
Прикладные	<i>экспериментальные изыскательские</i>	<i>исследовательские опытные</i>	<i>учебные</i>
Сохранение знаний			<i>музеи экскурсионные библиотеки</i>

**Обсервационные (наблюдательные).** Предназначены для проведения научных наблюдений за природными явлениями и процессами, происходящими вне объема полости.

Прообразом астрономических обсерваторий являлись палеолитические наблюдательные астропункты, некоторые из которых размещались в естественных пещерах (ЕП), скальных гротах и вертикальных скальных нишах, расположенных в комплексах святилищ. Такие гроты исследованы в Рудном Алтае {Казахстан}: ниша Акбаур в 38 км от Усть-Каменогорска [16]; грот в 50 км к югу от Усть-Каменогорска и в 3-х км южнее горы Монастыри, образовавшийся под горизонтально лежащими гранитными плитами [18]; на Северном Алтае, в урочище Бийке на правом берегу реки Катунь, в 8 км от с. Еланда, где были обнаружены наблюдательные астропункты в гроте и углубленных скальных нишах с элементами искусственности [17]; а также в др. местах.

Известны также древние культовые АС, сооружение которых связано с астрономическими наблюдениями, например, 20-метровая галерея в кургане Нью-Грандж {Ирландия} [54], или храм Абу-Симбел {Египет} [27] – в определенное время их освещало солнце.

В X в. в г. Рей {Иран} астрономом и математиком Абу Махмудом ал-Ходженди был построен секстан, который в силу своих больших размеров пришлось частично разместить в траншее длиной и глубиной около 10 м [31]; габариты траншеи позволяют отнести её к подземным объектам.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Более известный астрономический инструмент – квадрант Улугбека, построенный в Самарканде в XV в. также частично заглубленным ниже уровня земли, подлинно подземным сооружением не является, т.к. его траншея имеет длину около 30 м при максимальной глубине 11,8 м [31].

Современные астрономические инструменты, размещаемые под землей, представляют собой устройства, требующие изоляции от внешних помех – нейтринные телескопы и детекторы гравитационных волн. Поэтому часто они помещаются под землей, и, как правило, на базе отработанных подземных горных выработок (ГВ).

*Колар* – глубокие золотые рудники, расположенные в округе Колар {штат Карнатака, Индия}. Первые научные эксперименты, которые проводились здесь с 1950-х гг., были связаны с изучением мюонов в космических лучах. Эксперименты с нейтрино были начаты в Коларе в 1964 г. Первые атмосферные нейтрино были обнаружены в 1965 г. Семь сцинтилляционных детекторов располагались на глубине 2,3 км в рудниках Хиткот и Чемпион Рифс. Эксперименты завершены в 1992 г. в связи с закрытием рудников [50; 53].

*Ист Ранд*. Примерно в то же время нейтрино зафиксировали в рудниках Ист Ранд в Южной Африке. Эксперимент ERPM проходил на глубине 3,2 км на жидкостном сцинтилляционном детекторе Кейса-Витватерсранда-Ирвина (детектор CWI) [41].

*Хоумстейк*. Один из первых нейтринных телескопов – радиохимический хлор-аргоновый детектор Р. Дэвиса – был сооружен в конце 1960-х гг. в золотом руднике Хоумстейк {штат Южная Дакота, США} на глубине 1478 м. Мишень детектора представляет собой цилиндр, заполненный 615 т перхлорэтилена [36].

*Баксанская нейтринная обсерватория* (БНО) Института ядерных исследований РАН – физическая обсерватория по изучению нейтрино – находится в Баксанском ущелье у с. Нейтрино {Кабардино-Балкария}. Подземные сооружения обсерватории расположены в двух специально пройденных параллельных горизонтальных тоннелях длиной 3670 м под горой Андырчи. В выработках размещено несколько обсервационных установок.

Баксанский подземный сцинтилляционный телескоп (БПСТ) расположен в зале объемом 12 тыс. м.куб. (24×24×16 м) на расстоянии 550 м от начала горизонтального тоннеля. Здесь построено из блоков низкорadioактивного бетона помещение детектора размером 16,7×16,7×11,1 м, в котором установлены жидкостные сцинтилляционные детекторы, заполненные уайт-спиритом, общим весом около 330 т [8].

Галлий-германиевый нейтринный телескоп (ГГНТ) – радиохимический детектор нейтрино с мишенью из металлического галлия массой 60 т (проект SAGE) – размещен в главном экспериментальном зале обсерватории, расположенном в 3,5 км от входа в горизонтальный туннель. Зал имеет размеры 60×10×12 м. Толща горных

поряд над телескопом достигает 2 км. Для снижения уровня внешнего излучения зал облицован низкорadioактивным бетоном толщиной 60 см и стальным листом толщиной 6 мм. Также в зале находится галлий-германиевая нейтринная установка BEST [23; 34].

В том же 1978 г. в помещении соляной шахты у г. Соледар Донецкой области на глубине 300 м была введена в строй еще одна подземная установка – Артемовский сцинтилляционный детектор нейтрино (АСД) с массой 100 т уайт-спирита [12].

*Гран-Сассо.* Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) в Апенинах {пров. Абруццо, Италия}, размещена внутри горы Гран-Сассо (Аквила), на средней глубине около 1400 м. Доступ в подземную часть лаборатории осуществляется через действующий автомобильный туннель Гран-Сассо длиной более 10 км (ветка западного направления). Подземная часть лаборатории состоит из трёх залов (А, В и С), соединённых переходными туннелями. Каждый зал имеет длину около 100 м, ширину и высоту около 20 м [49]. С 1998 по 2003 гг. LNGS также использовала для регистрации нейтрино галлий-германиевый детектор GALLEX/GNO. Резервуар детектора объемом 54 м.куб. вмещал 101 т раствора трихлорида галлия в соляной кислоте [46]. Впоследствии лаборатория вела ряд других экспериментов по наблюдению за нейтрино.

*Нейтринная обсерватория Sudbury Neutrino Observatory (SNO)* располагает черенковским детектором, в котором для регистрации нейтрино используются 1000 т тяжелой воды, окруженной экраном из 7000 т сверхчистой легкой воды. Детектор высотой 34 м и диаметром 22 м устанавливался на глубине 2 км в действующем никеледобывающем руднике Крейгтон вблизи г. Садбери {пров. Онтарио, Канада} [22]. Нейтринный детектор SNO действовал с 1999 по 2006 гг.; в настоящее время он переоборудуется под эксперимент SNO+.

*Солотвинская Подземная Лаборатория* построена в 1984 г. Институтом ядерных исследований АН Украины в г. Солотвино. Помещение лаборатории выработано в эксплуатируемой соляной шахте на глубине 430 м и состоит из одного большого зала (высота 8 м, ширина 20 м и длина около 30 м) и четырех малых, общей площадью около 1000 м.кв. [49].

*Рудники Камиока* – два смежных цинковых рудника, добыча руды в которых прекращена, расположенные в г. Хида {префектура Гифу, Япония} и принадлежащие компании Kamioka Mining and Smelting Co. Их выработки пройдены преимущественно в гнейсах [52].

Северный рудник, Мозуми, служит местом экспериментов по наблюдению

за нейтрино. Здесь в 1983 г. был построен черенковский нейтринный детектор Kamiokande – цилиндрический резервуар, содержащий 3 тыс. т очищенной воды, размерами 16,0 м в высоту и 15,6 м в диаметре. В 1996 г. был запущен новый детектор Super-Kamiokande, расположенный на глубине 1 км, емкость которого имеет высоту 41,4 м и диаметр основания 39,3 м, и заполнена 50 тыс. т ультрачистой воды [2; 40]. На той же глубине размещен черенковский ксеноновый детектор XMASS для поиска гипотетических частиц темной материи, изучения безнейтринного двойного бета-распада и солнечных нейтрино.

Кроме нейтринных телескопов, с 2020 г. в Камиока работает криогенный гравитационно-волновой телескоп KAGRA. Он имеет два перпендикулярных плеча длиной по 3 км, которые образуют лазерный интерферометрический детектор гравитационных волн. Условия для размещения телескопа в шахте Мозуми были неблагоприятными, поэтому для него пришлось пройти из рудника Мозуми в горе Икенояма, рядом с участком Super-Kamiokande, специальные выработки: два тоннеля для интерферометра и два тоннеля доступа, общей длиной 7697 м [35; 38; 52]. Кроме того, с 2006 г. в Камиока на глубине 1000 м действует экспериментальный интерферометр CLIO с плечами по 100 м [55].

Второй рудник группы Камиока, Точибора, находится в 10 км к югу от Мозуми. Он не такой глубокий, как первый, но заложен в более прочных породах. Здесь планируется сооружение больших камер для экспериментов Hyper-Kamiokande, общим объемом более 1 млн. м.куб. [52].

Это далеко не исчерпывающий список спелеоастрономических обсерваторий, к тому же это направление активно развивается и в строй постоянно вводятся новые инструменты.

Под зданием Государственного астрономического института им. П.К. Штенберга (ГАИШ) в Москве, построенного в 1954 г., на глубине 10 м находится помещение гравиметрического подвала [6].

*Гармский Геофизический Полигон* в Таджикистане проводил натурное изучение локального напряженно-деформированного состояния горных пород региона. В частности, для этого в долине р. Сурхоб были устроены наблюдательные штольни, в которых устанавливались наклонометры и деформографы. В 1948 г. в горе Миндалюль была пробита 30-метровая штольня Гарм-Старая с семью боковыми камерами. В 1964 г. пройдена штольня Гарм-Новая (длиной 93 м), в 1969 г. – штольни Чусал (более 110 м), Чиль-Дора (около 120 м), Руноу (114 м), а в 1971 г. открытым способом, в бетонной обделке была сооружена штольня Сарыпуль, длиной 60 м [9].

*Подземный павильон Павловской (Константиновской) магнитной и метеорологической обсерватории.* Павловская обсерватория, открытая в 1878 г., располагалась на восточном краю Павловского парка, южнее Санкт-Петербурга. Кроме прочих зданий, обсерватория располагала подземным павильоном для вариационных магнитных наблюдений [21], сложенным из кирпича и засыпанным сверху и кругом земляной насыпью высотой около 7 м, покрытой дерном. Павильон состоял из двух отдельных комнат, разделенных коридором и окруженных со всех сторон галереями. Магнитные приборы были установлены на гранитных столбах с бутовыми фундаментами [5]. Обсерватория была полностью разрушена во время Великой отечественной войны [21]. К настоящему времени из зданий сохранился только руинированный подземный павильон.

*Одесская магнитная обсерватория,* которая с 1896 г. работает в пригородном с. Степановка, состоит из обширного каменного сооружения, размещенного под землей на глубине 5 м, для магнитографа и вариационных приборов, над которым возвышается высокий холм с павильоном для абсолютных и астрономических наблюдений.

Система камерных ходов подземной лаборатории *Игарской научно-исследовательской мерзлотной станции* (сейчас *Игарская геокриологическая лаборатория*) была возведена в 1936 г. на глубине 8–14 м в толще льдистых многолетнемерзлых пород [30], для наблюдения за их физико-механическими свойствами.

**Лаборатории.** Помещения для производства научных исследований процессов и объектов, происходящих в объеме лаборатории, при участии или в присутствии человека. Они иногда имеют сложное полифункциональное устройство с транспортными, жилыми и хозяйственными помещениями (*лабораторные комплексы*).

Одна из первых подземных лабораторий (биологическая) была организована в 1897 г. в Парижских катакомбах [13].

*Подземная лаборатория НИИ Метрологии им. Менделеева,* расположенная в г. Ломоносов {Санкт-Петербург}, возведена в 1980-х гг. на глубине 45 м под землей. Это тоннель длиной 160 м и диаметром около 7 м, общей площадью 1100 м.кв., разгороженный на рабочие помещения, в которых размещалось опытно-экспериментальное оборудование метрологического назначения. С обеих сторон тоннеля с поверхности пройдены шахтные стволы с лифтами, лестницами, вентиляционными трубами. Над стволами возведены служебные здания. В настоящее

время лаборатория не используется и полузагнана.<sup>1</sup>

*Подземная низкофоновая лаборатория* Радиевского института им. В. Г. Хлопина расположена в Санкт-Петербурге между станциями метрополитена «Невский проспект» и «Гостинный двор». Глубина её заложения около 65 м. Помещения были построены в 1965-1967 гг. В период 1968-1972 гг. изучались основные фоновые характеристики самой подземной лаборатории и окружающей среды, т.е. лаборатория работала в наблюдательном режиме. В дальнейшем лаборатория использовалась для размещения низкофоновых гамма-, бета- и альфа-спектрометров, жидкостных сцинтилляционных радиометров, газовых пропорциональных счетчиков и других приборов. В ней определялись предельно низкие уровни основных дозообразующих гамма-излучающих радионуклидов. Лаборатория продолжает работу.<sup>2</sup>

*Музей мамонта в Хатанге.* Найденные на Таймыре останки т.н. «мамонта Жаркова» в 1999 г. были доставлены в 22-тонном блоке породы в специально выдолбленную около пос. Хатанга ледяную пещеру с постоянной температурой около  $-15^{\circ}\text{C}$ , где они должны были изучаться [29].

**Экспериментальные.** Полости, в которых размещено научное оборудование для исследований, во время которых присутствие человека не обязательно, невозможно или нежелательно.

Наиболее известными экспериментальными установками являются ускорители элементарных частиц, крупнейшие из которых размещаются в тоннелях под землей.

Ускоритель У-70 – протонный синхротрон на энергию 70 ГэВ – был построен в 1967 г. в Институте физики высоких энергий {Протвино, Россия} [3]. Большая часть ускорительного кольца помещена внутри грунтовой насыпи.

В 1980-х гг. в Протвино шло строительство Ускорительно-Накопительного Комплекса (УНК) – протон-протонного коллайдера на сверхпроводящих магнитах. Было пройдено основное кольцо тоннелей длиной 20,8 км и диаметром 5,5 м, укрепленных чугунными и бетонными тубингами, а также ряд вспомогательных выработок: стволов, залов, кабельных коллекторов, канал инжекции пучка от У-70, и др. В 1990-х гг. строительство было заморожено, выработки законсервированы.

В это же время в Техасе {США} к югу от Далласа был пройден участок тоннеля, сверхпроводящего коллайдера Superconducting Super Collider (SSC) длиной 22,5

---

<sup>1</sup>Лаборатория сверхточных измерений//Urban3p.ru-2017(<https://urban3p.ru/object18126>);Космодемьянский К. Зброшенная Подземная Лаборатория Метрологии ВНИИМ // В Поисках Неизвестного | Unexplored World. - 2015.06.23. (url: <http://www.unexploredworld.ru/blog/385>).

<sup>2</sup> О подземной лаборатории Радиевского института // Радиевый институт имени В.Г. Хлопина (url: [http://khlopin.ru/?page\\_id=29393](http://khlopin.ru/?page_id=29393)).

км (из проектируемых 87,1 км), укрепленного бетонной обделкой. Строительство ускорителя было отменено в 1993 г. [44].

В Гамбурге {Германия}, в исследовательском центре DESY, в 1992-2007 гг. работал лептон-протонный коллайдер Hadron-Electron Ring Accelerator (HERA). Его кольцевой тоннель находится под землёй на глубине 15-30 м и имеет протяжённость 6,3 км [43]. После остановки ускоритель оставлен в тоннеле.

Крупнейшим экспериментальным ускорителем в мире на данный момент является Большой Адронный Коллайдер или Large Hadron Collider (LHC) ЦЕРНа, расположенный возле Женевы на францужско-швейцарской границе. Его кольцевой тоннель длиной 26,6 км и диаметром 4,5 м в монолитной обделке сооружен на глубине от 50 до 175 м тремя тоннелепроходческими машинами [48]. С ним сопряжен синхротронный ускоритель Super Proton Synchrotron (SPS), расположенный в подземном кольцевом туннеле диаметром 6,9 км,<sup>1</sup> и в настоящее время использующийся как финальный предускоритель протонных пучков для Большого Адронного Коллайдера.

**Исследовательские.** Предназначены для опытов и экспериментов, производимых в объеме *исследовательской выработки*.

*Камисунагава.* В Японии, на Хоккайдо, в пос. Камисунагава ствол заброшенной угольной шахты глубиной 710 м оборудован для исследования процессов в невесомости для проекта Japan Microgravity Centre (JAMIC) [39].

**Опытные.** Предназначены для испытания и отработки технологических новшеств, в т.ч. методов подземного строительства и добычи полезных ископаемых.

В Германии существует полигон Хердеке, где из карьера в ходе испытаний горной техники пройдены *опытные штольни* различной длины [4].

*Тремония.* В центре Дортмунда, под современным парком Тремония, находятся выработки шахты Тремония, в которых изначально добывали уголь и железную руду. После вывода шахты из эксплуатации в 1940-х гг. она была существенно расширена под задачи *опытной шахты*, в выработках которой велись исследования в области безопасности подземного труда, взрывных работ, функционирования шахтного оборудования, защиты от пожаров и т.п. Шахта окончательно закрыта в 1996 г. [42; 45].

**Археологические.** Подземные выработки для доступа к археологическим слоям иногда приходится проводить в силу большой мощности перекрывающего грунта

---

<sup>1</sup> SPS Presentation // Beams Department Operation Group, CERN. - 2009 (url: [https://web.archive.org/web/20111005040903/http://ab-dep-op-sps.web.cern.ch/ab-dep-op-sps/SPS\\_Presentation.htm](https://web.archive.org/web/20111005040903/http://ab-dep-op-sps.web.cern.ch/ab-dep-op-sps/SPS_Presentation.htm))

или иных причин, мешающих раскопкам на поверхности.

Так, в 1900-х гг. при раскопках на холме Амран-ибн-Али {Ирак}, немецкой экспедиции пришлось заложить целую систему длинных штолен и глубоких шахт [32]. Система подземных выработок была пройдена археологами на первых этапах раскопок минойского поселения у мыса Акротири на о. Тира {Греция} [20].

Также к этому виду относятся шурфы, проходимые для вскрытия заваленных искусственных полостей.

**Изыскательские.** Традиционно их называют разведочными, однако они имеют иное назначение, нежели разведочные горные выработки, а именно – изучение состояния горных условий и свойств пород, проводимые, например, при строительстве уникальных сооружений.

Например, значительное количество таких выработок было сделано в начале 1930-х гг. изыскательскими партиями Гидротехинститута в Жигулевских горах {Самарская обл.} при выборе места сооружения Куйбышевской ГЭС [24]. Подобные выработки (штольни и шурфы) были пройдены в районе Бахилова, выше и ниже Ширяево, на Белой и Серной горах, а также в районе Переволок. Сейчас в Жигулях известно 11 изыскательских выработок того времени [7]. Благодаря изысканиям Гидротехинститута, вскрывшим высокую карстоопасность предполагаемого места строительства ГЭС в Жигулевских воротах, пришлось перенести ее плотину на 80 км выше по течению Волги, в район г. Ставрополя (ныне Тольятти) [14].

**Школы** – помещение непосредственно для процесса обучения.

Как правило, укрывать школы под землю необходимо лишь при неблагоприятных обстоятельствах – во-первых, массовых преследованиях по культурному или этническому признаку, во-вторых, войны, и, в-третьих, специфических социально-бытовых условий [10].

Примером обстоятельств первого рода являлось положение старообрядцев, которым в Российской Империи строго запрещалось иметь собственные школы [19]. Это привело к тому, что в уральских и поволжских подземных комплексах старообрядческих *убежищ* имелись религиозные *школы* [26]. Как предполагается, одно из сводчатых помещений в «пещерном городе» Деренкую {Турция}, находящееся на втором подземном этаже, использовалось для религиозного обучения [10].

В войнах XX-XXI вв. потребовалась усиление защиты от обстрелов и бомбежек, в том числе и гражданского населения, включая школьников. В осажденной Одессе осенью 1941 г. в каменоломнях с. Кривая Балка оборудовали классы, используя как мебель блоки ракушечника. Подобная школа была и в каменоломнях по улице

Островидова (ныне Новослободская). В Севастополе зимой 1941-1942 гг. действовало 8 подземных школ, размещенных в убежищах и каменоломнях. Во время ВМВ подземные школы существовали и на о. Мальте. Во время индокитайских войн во Вьетнаме, Лаосе и Камбодже подземные школы устраивались в карстовых пещерах, которые обычно расширялись, укреплялись и приспособлялись для новых целей. И в современное время во время войны в Сирии в некоторых ее районах обучение происходило под землей в небольших рукотворных скальных помещениях [10].

Примеры подземных школ, связанных с неблагоприятными социально-бытовыми условиями, есть, например, в Китае. До сих пор в северном Китае, на Лёссовом плато в верхнем и среднем течении р. Хуанхэ, десятки миллионов человек живут в *ядунах* – искусственных пещерах. В отдаленных деревнях такие подземные помещения используются также для организации школьных классов [10].

Известность получила школа в пос. Гета в китайской пров. Гуйчжоу. Т.к. в поселке не было государственной школы, местная община в 1984 г. самостоятельно организовала начальную школу в обширной ЕП. В ней разместились учебный класс с доской и партами, большая спортивная площадка, а также подсобные деревянные постройки. Однако в 2011 г. эта школа была закрыта, т.к. власти посчитали, что ее существование дискредитирует имидж Китая как современной страны [10].

**Учебные** – предназначены для обучающей демонстрации и тренировок.

Традиционно естественные и искусственные пещеры используются для обучения и тренировок спелеологов. В Одесских каменоломнях проводится учебные геологические практики студентов-геологов [15]. Однако полости никак не приспособляются к подобному использованию, поэтому отнести их к собственно *учебным* нельзя.

Тем не менее существуют специальные учебные АС.

Во Владивостоке политехнический университет имеет довольно крупную *учебную штольню* [1].

Учебная штольня есть и на горном полигоне Горловского техникума ДонНУ, построенном в 1966 г. Выработки тянутся более чем 200 м под двором и спортивной площадкой техникума на глубине до 5 м. Также на базе полигона проводят учения горловские горноспасатели.<sup>1</sup>

Опытная шахта *Тремония*, в частности, несла также и обучающие функции – на

---

<sup>1</sup> Воронов Е. Учебная шахта в Горловке - съемочная площадка, экскурсионный маршрут и бомбоубежище // Горловская мозаика. - 2019.06.21 (url: <http://mozaika.dn.ua/news/exclusive/240429-uchebnaya-shahta-v-gorlovke-semochnaya-ploschadka-ekskursionny-marshrut-i-bomboubezhishe.html>)

её втором горизонте были созданы учебные помещения для подготовки взрывников, а также студентов горных специальностей [42].

**Музейные и экскурсионные.** Под *музейными* или *экскурсионными* подземельями понимаются подземные полости, специально оборудованные для посещения, и/или в которых проводится информационное обслуживание посетителей (в виде организации экспозиции и экскурсионных услуг). *Музеи* предназначены в первую очередь для сохранения образцов для исследований и следов исторических событий. К *музейным* подземельям примыкают *экскурсионные*, схожих по форме деятельности, однако существенно различных по целям существования. Основной целью первых является научное просвещение и сохранение подземных объектов, находящихся в них образцов для исследований, а также следов исторических событий; задача вторых – развлечение посетителей. Однако провести четкую границу между этими видами АС иногда довольно сложно, поэтому рассматривать их приходится совместно. Даже развлекательная подземная программа несет какие-то познавательные элементы, а музейные экспозиции вынуждены привлекать внимание посетителей броским оформлением. В вопросе различения музейных и экскурсионных организаций важно обращать внимание на их объявленный статус.

В современной экономике все большее значение приобретает производство услуг, в том числе туристских. Для экскурсий и музейных экспозиций используются как естественные, так и искусственные пещеры, при этом иногда полость существенно перестраивается. На сентябрь 2021 г. в мире использовалось как музеи и экскурсионные объекты 1132 ЕП, 896 ГВ и 1163 АС (включая пещерные отели).<sup>1</sup> Среди спелестологических объектов для приема посетителей приспособляются самые разнообразные полости [11]: оборудуются для экскурсий ЕП, при этом часто проходятся вспомогательные выработки (в Кунгурской пещере подходные тоннели и переходы внутри неё; в Новоафонской пещере устроены дренажные штольни и тоннели для поездов); культовые (пещерные храмы в Каппадокии, монастыри в Воронежской области, погребальные комплексы в Гизе и долины Царей в Египте, пещеры Киево-Печерской лавры в Киеве, Парижские и Римские катакомбы), научные (пещерные школы в Лаосе, ускоритель HERA, Музей вечной мерзлоты в г. Игарке на базе Игарской геокриологической лаборатории); транспортные (автомобильный Старый тоннель под Эльбой в Гамбурге, железнодорожный тоннель Основной Готтард в Швейцарии, метротоннели и станции узла Юстон Парк в

---

<sup>1</sup> По данным сайта Show Caves of the World (url: <https://www.showcaves.com/english/explain/Index/Statistics.php>).

Лондоне, гидротоннель Эвполина на о. Самосе, парижская канализация); защитные (бункеры в Москве, убежища – т.н. «пещерные города» в Каппадокии, казематы и другие крепостные подземелья в Брно, подземные сооружения крепости Керчь, тоннели Ку Чи во Вьетнаме); хранилищные (подземные склады в Якутске, Ямбурге, Самаре, погреб в Брно и Таборе {Чехия}, цистерна Писцина Мирабилис в Италии); производственные (винные подвалы в Париже, Крыму, на Кубани, подземные заводы времен ВМВ в Европе, подвалы в Москве, Невьянске, Краснотурьинске, Казани); жилые (Лангенштайн в Германии, Матера в Италии, яодуны в г. Саньмэнься в Китае); каменоломни (под музеи партизанской славы переконфигурированы участки Нерубайских и керченских Аджимушкайских каменоломен, музеефицированы мраморные каменоломни в Рускеале и гипсовые в Пешелани, песчаниковая каменоломня Левобережная в Ленинградской области); рудники (серебряные рудники Сьерра в США, медный рудник Асио в Японии; множество заброшенных рудников музеефицировано по программе Евросоюза – например, в Чехии), шахты (соляные Величка и Бохня, угольная Гуидо в Польше, глиняная шахта Биркхилл Кэйв в Шотландии ); разведочные (штольня Ассе в Германии); и многие другие.

**Книгохранилища** – предназначены для сохранения материальных носителей знаний (архивов и библиотек).

Книги до изобретения книгопечатания являлись предметами чрезвычайной ценности и тщательно сохранялись, в том числе в подземных библиотечных хранилищах. Известна легенда о библиотеке Ивана Грозного, якобы спрятанной в подземельях московского Кремля. Подземное хеттское хранилище клинописных табличек раскопано Г. Винклером в 1905 г. в Малой Азии. Подземные хранилища табличек известны также в Египте и Месопотамии [13].

*Храм Юньцзю* построен в VI в. и находится ныне на юго-западной окраине Пекина. С VII по XVII вв. в нем занимались гравировкой буддийских сутр на каменных плитах, ради сохранения буддийской традиции. Сейчас известно 14620 таких плит. В нескольких километрах от территории монастыря, были вырыты пещеры, заполнены камнями и запечатаны. Всего известно девять пещер, восемь из них полностью заполнены плитами, что делает их посещение невозможным. Большая часть камней оставалась в этих камерах до 1957 г., когда их извлекли и сняли копии. Одна пещера, №5, которая считается расширенной ЕП, осталась пустой – камни с священными текстами лишь прикреплены к её стенам [47]. Ныне часть каменных плит хранятся в современном, специально построенном подземном хранилище [25].

В современное время подземные пространства также часто использовали

для хранения библиотечных фондов и архивов [13]. Например, библиотека Технологического музея в Москве до недавнего времени хранила часть фондов в подвалах и погребках под Лубянской площадью.

В московском Замоскворечье находится заглубленный бункер *Объект ЧЗ-703* или *Спецхранилище МИДа*, в котором до 2005 г. хранились самые важные документы Министерства Иностранных Дел и самые неважные книги из его библиотеки [33].

## Литература

1. **Аюшин Н.** Городские подземелья: 80 лет тайны // Джунгли. 1998. №3 (url: <http://www.vladfortress.narod.ru/vladungr.htm>)
2. **Барабанов И.Р., Домогацкий Г.В.** Super-Kamiokande: детектор нового поколения для физики и астрофизики // Природа. 1997. № 1. - С. 81-86.
3. **Басов А.И.** Протонный синхротрон на 70 Гэв. - Серпухов: ИФВЭ, 1967. - 12 с.
4. **Бауман Л., Бёниг Р., Капельман Х.Г., Шафельд Б.** Десять лет испытаний проходческой техники в опытном карьере «Хердеке» // Глюкауф. 1989. №15/16. - С. 31-35.
5. **Большенгаген [Ф.К.]**. Метеорологическая и магнитная и обсерватория в г. Павловск // Зодчий. 1878. № 4. - С. 45-47.
6. **Бондаренко Л.Н., Мартынов Д.Я.** Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга. Краткая история и описание. - Москва: МГУ, 1973. - 52 с.
7. **Бортников М.П., Логинов В.А., Пудовкин Н.Е., Якубсон П.Ю.** Искусственные пещеры Самарской Луки // Спелеология Самарской области. Вып.7. - Самара, СамСК, 2013. - С. 27-44.
8. **Воеводский А.В.** Большой подземный телескоп нейтринной обсерватории АН СССР // Природа. 1978. №4. - С. 137-139.
9. Гармский геофизический полигон. / ред. **Сидорин А.Я., Лукк А.А., Шевченко В.И.** и др. - Москва; Гарм: ИФЗ, 1990. - 239 с.
10. **Гуныко А.А., Гуныко О.Г.** Подземные школы // Спелеология и спелестология. Сборник материалов IV международной научной заочной конференции. - Набережные Челны: НИСПТР, 2013. - С. 372-376.
11. **Гуныко А.А., Долотов Ю.А.** Экскурсионная деятельность в искусственных пещерах России // Комплексное использование и охрана подземных пространств: Международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию юбилею научной и туристско-экскурсионной деятельности в Кунгурской Ледяной пещере и 100-летию со дня рождения В.С. Лукина. Кунгурская Ледяная пещера, Пермский край, Россия. 26–31 мая 2014 года. – Пермь: ГИ УРО РАН, 2014. - С. 190-192.
12. **Домогацкий Г.В., Комар А.А., Чудаков А.Е.** Подземные и подводные эксперименты в физике и астрофизике // Природа. 1989. №3. - С. 22-36.
13. **Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н., Лавров И.А.** Классификация, использование и охрана подземных пространств. - Екатеринбург: УРО РАН, 2001. - 195 с.
14. **Ерофеев В.** Места не столь отдаленные // Волжская Коммуна. 2004. - 18 октября.
15. **Козлова Т.В., Кадуриин С.В.** Использование подземных сооружений Одессы для создания

геологического учебно-научного полигона Одесского национального университета имени И.И. Мечникова // Подземные сооружения Одессы и Одесской области. Сборник материалов I-й научно-практической конференции. 11-12 ноября 2017 г. - Одесса, 2017. - С. 39-42.

16. **Марсадолов Л.С.** Астрономический аспект грота Акбаур на Западном Алтае // *Астрономия древних обществ. Материалы симпозиума.* - М.: Наука, 2002. - С. 228-234.

17. **Марсадолов Л.С.** Предшественники астрономических обсерваторий (древние наблюдательные астропункты Саяно-Алтая) // *Archaeoastronomy and Ancient Technologies.* 2019. Т.7. №1. - С. 199-242.

18. **Марсадолов Л.С., Дмитриева Н.В., Иконников В.А.** Первые палеоастрономические исследования на святилище у горы Монастыри на Западном Алтае // *Народы и религии Евразии.* 2008. Т.2. Мировоззрение населения Южной Сибири и Центральной Азии в исторической ретроспективе. - С. 207-218.

19. **Машковцева В.В.** Конфессиональная политика государства по отношению к старообрядцам во второй половине XIX - начале XX века: на материалах Вятской губернии. Диссертация кандидата исторических наук. - Ижевск, 2002. - 255 с.

20. **Новая Помпея** // *Наука и жизнь.* 1972. №6. - С. 157-159.

21. **Пасецкий В.М., Светлаев Г.Д.** Магнитная и метеорологическая обсерватория Павловск–Восейково. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. - 21 с.

22. Подземная нейтринная обсерватория в Садбери // *Природа.* 1999. №1. - С. 82.

23. **Понятов А.** Охота за стерильным нейтрино // *Наука и жизнь.* 2019. №9. - С. 2-7.

24. **Сводное заключение.** Инженерно-геологические исследования для Волгостроя у Самарской Луки за 1929-1932 гг. / ред. Семенов М.П.; сост.: Барков А.С., Вевниоровская М.А., Кузин Н.И., Прохоров С.П., Профрансов Ю.Н., Семенов М.П., Тихвинский О.И., Чернов А.А. - Москва; Ленинград: Госстройиздат, 1934. - 156 с.

25. **Сиднева Г.** Сокровища Облачной Обители // *НЛО.* 2002. №50. - С.13-15.

26. **Слукин В.М.** Архитектурно-исторические подземные сооружения (типология, функция, генезис). - Свердловск: Издательство Уральского университета, 1991. - 234 с.

27. **Стародуб Т.Х.** Абу-Симбел // *Большая российская энциклопедия.* Т.1. - Москва: Большая Российская энциклопедия, 2005. - С. 48.

28. **Степин В.С.** *Наука // Философский словарь.* - Москва: Республика, 2001. - С.352-354.

29. Таймырский мамонт // *Природа.* 2000. №11. - С. 65-66.

30. **Тумель В.Ф.** Игарское опытное подземелье в вечномёрзлой толще. - Москва; Ленинград: АН СССР, 1945. - 81 с.

31. **Турсунов О.С.** Астрономические инструменты в обсерватории Улугбека // *Природа.* 2002. № 2. - С. 91-96.

32. **Церен Э.** Библиейские холмы. - Москва: Наука, 1966. - 478 с.

33. **Юрков Д.Е.** Советские «секретные бункеры». Городская специальная фортификация 1930-1960-х годов. - Москва: АНО ЦИСФПС, 2021. – 352 с.

34. **Abdurashitov J.N., Gavrin V.N., Girin S.V., Gorbachev V.V., Ibragimova T.V., Kalikhov A.V., Khairnasov N.G., Knodel T.V., Mirmov I.N., Shikhin A.A., Veretenkin E.P., Vermul V.M., Yants V.E., Zatsepin G.T., Bowles T.J., Nico J.S., Teasdale W.A., Wark D.L., Elliott S.R., Wilkerson J.F., Cleveland B.T., Daily T., Davis R.-Jr., Lande K., Lee C.K., Wildenhain P.W., Cherry M.L.** Solar Neutrino Measurements from SAGE // 4th International Solar Neutrino Conference. 8-11 April 1997. Heidelberg, Germany (C97-04-

- 08.3). Heidelberg, 1997. - P. 109-125.
35. **Billings L. KAGRA**, l'éveil du géant sous la montagne // Pour la science. 2019. №506. - P. 50-55.
36. **Davis R.-Jr., Harmer D.S., Hoffman K.C.** Search for Neutrinos from Sun // Physical Review Letters. 1968. V.20. №21. - P. 1205-1209.
37. **Dolotov Yu.** Classification artificial underground structures // Hypogea 2015. Proceeding of International Congress of Speleology in Artificial Cavities. Italy, Rome, March 11/17 – 2015. - Rome, 2015.- P. 440-454.
38. Excavation of KAGRA's 7 km Tunnel Now Complete // KAGRA Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope Project. 2014 - 31 March (url: <https://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/archives/date/2014/03>)
39. **Fujii H., Matsumoto T., Izutani S., Kiguchi S., Nogi K.** Surface tension of molten silicon measured by microgravity oscillating drop method and improved sessile drop method // Acta materialia. 2006. V.54. №. 5. - P. 1221-1225.
40. **Fukuda S., Fukuda A., Hayakawa T., Ichihara E., Ishitsuka M., Itow Y., Kajita T., Kameda J., Kaneyuki K., Kasuga S., Kobayashi K., Kobayashi Y., Koshio Y., Miura M., Moriyama S., Nakahata M., Nakayama S., Namba T., Kobayashia H.** The Super-Kamiokande detector // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. V.501. Is.2–3. 2003. - P. 418-462.
41. **Gaisser T.K.** Atmospheric Neutrino Fluxes // Physica Scripta. 2005. V.121. - P. 51-56.
42. **Gebhardt G.** Ruhrbergbau. Geschichte, Aufbau und Verflechtung seiner Gesellschaften und Organisationen. - Essen: Verlag Glückauf GmbH, 1957. - 580 s.
43. **Harris D.** The end of the HERA era // Symmetry Magazine. 2007. V.4. Is.7. - P. 16-23.
44. High Profile Superconducting Super Collider Project from Early 90's Sees New Life // Superconductor Week. 2006. - 16 August.
45. **Huske J.** Die Steinkohlenzechen im Ruhrrevier. Daten und Fakten von den Anfängen bis 2005. /Serie: Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum #144/ - Bochum: Selbstverlag des Deutschen Bergbau-Museums, 2006. - 1137 s.
46. **Kirsten T.A.** GALLEX collaboration: GALLEX Status Report SAGE // 4th International Solar Neutrino Conference. 8-11 April 1997. Heidelberg, Germany (C97-04-08.3). - Heidelberg, 1997. - P. 138-150.
47. **Lancaster L.R.** The Rock Cut Canon in China: Findings at Fang-Shan // The Buddhist Heritage. Papers delivered at the symposium of the same name convened at the School of Oriental and African Studies, University of London, November 1985. /Serie: Buddhica Britannica. Series Continua I./ - Tring: The Institute of Buddhist Studies, 1989. - P. 143-156.
48. **Laughton C.** Excavation of the LEP main tunnel boring machine and explosives // Proceeding of International Symposium Underground Engineering, New Delhi, 14-17 April 1988. V.1. Rotterdam: A.A. Balkema, 1988. - P. 333–340.
49. **Miramonti L.** European underground laboratories: An overview // AIP Conference Proceedings. 2005. V.785. Is.1. - P. 3-11.
50. **Mondal N.K.** Status of India-based Neutrino Observatory (INO) // Proceedings of the Indian National Science Academy. 2004. V.70. №1. - P. 71-77.
51. **Mori T., Goto K., Ohashi R., Sawaoka A.B.** Capabilities and recent activities of Japan Microgravity Center (JAMIC) // Microgravity Science and Technology. 1993. V.5. №4. - P. 238-242.
52. **Nakagawa T.** Study on the Excavation of the Hyper-KAMIOKANDE Cavern at Kamioka Mine in Japan //

Next Generation of Nucleon Decay and Neutrino Detectors. Aussois, Savoie, France. 9 April 2005. (url: <https://www.slac.stanford.edu/econf/C0504071/pdf/nakagawa.pdf>)

53. **Narasimhan V.S.** Perspective of Experimental Neutrino Physics in India // Proceedings of the Indian National Science Academy. 2004. V.70. №1. - P. 11-25.

54. **O'Kelly M.J.** Newgrange: Archaeology, Art and Legend. - London: Thames and Hudson, 1982. - 240 p.

55. **Yamamoto K., Uchiyama T., Miyoki S., M Ohashi M., Kuroda K., Ishitsuka H., Akutsu T., Telada S., Tomaru T., Suzuki T., Sato N., Saito Y., Higashi Y., Haruyama T., Yamamoto A., Shintomi T., Tatsumi D., Ando M., Tagoshi H., Kanda N., Awaya N., Yamagishi S., Takahashi H., Araya A., Takamori A., Takemoto S., Higashi T., Hayakawa H., Morii W., Akamatsu J.** Current status of the CLIO project // Journal of Physics: Conference Series. 2008. V.122. №1. 7th Edoardo Amaldi Conference on Gravitational Waves (AMALDI7). 8–14 July 2007, Sydney Convention and Exhibition Centre, Darling Harbour, Sydney, Australia: 012002.