

ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

ГИДРАВЛИК, ГИДРОТЕХНИК, ГИДРОЛОГ

Наталья Фролова, Вера Широкова

Леонардо да Винчи (1452-1519) был одним из самых легендарных и плодовитых деятелей всей эпохи Возрождения. Ему посвящено, по некоторым оценкам, до 20 тыс. публикаций, из которых подавляющее большинство приходится на вторую половину XX в. То, что Леонардо выдающийся живописец, было признано еще при его жизни, но он претендовал также на звание инженера и архитектора и, кроме того, он был естествоиспытателем, о чем публично никогда не заявлял. Его интересы были всеобъемлющи. Они охватывали все сферы живой природы – анатомию, физиологию, биомеханику (движение животных и полет птиц), ботанику, а также геологию, метеорологию, гидрологию и широкий спектр естественных наук – прежде всего, механику (включая прочность конструкций и движение вод), оптику и отчасти астрономию и химию. Глубокий интерес проявлял он также к технике – машиностроению и особенно летательным аппаратам.

Леонардо да Винчи, побочный сын флорентийского юриста, родился в 1452 г. в Италии, в маленьком тосканском городке Винчи. В 1481 г. он написал необычное письмо герцогу Миланскому Людовико Сфорца, предлагая свои услуги. В письме он отрекомендовался опытным военным инженером, архитектором, строителем, а также скульптором и художником, который «не уступит никому, кто бы это ни был». В обращении к правителю Леонардо обещал открыть технические секреты и с успехом их осуществить: он перечислил в девяти пунктах всевозможные военные проекты, предлагал соорудить переносные мосты, стенобитные орудия, бомбарды, тайные туннели, бронированные наступательные повозки, выдерживающие огонь бомбард кораблей и многие другие секретные приспособления; и только в десятом пункте он говорит о способностях своих как архитектора, строителя и гидротехника, а затем упоминает о своих талантах ваятеля и живописца и, в частности, обещает создать задуманную ранее миланцами конную статую герцога Франческо Сфорца – отца Людовико Моро. Письмо возымело свое действие, а Леонардо далеко превзошел все свои обещания. Умер он в Амбуазе, во Франции, в 1519 г.

Леонардо был гением, и вряд ли кто-нибудь станет это оспаривать. По свидетельству Бенвенуто Челлини, французский король Франциск I сказал: «Никто не достиг таких вершин, как Леонардо, не только как скульптор, художник и архитектор, но и как глубокий философ». Некоторые исследователи даже утверждают, что Леонардо предвосхитил открытия Френсиса Бэкона, Джеймса Уатта, Исаака Ньютона и Уильяма Гарвея, но они, по-видимому, слишком далеко заходят в преклонении перед великим флорентийцем. Приверженцы диаметрально противополож-

ной точки зрения считают, что в технических идеях Леонардо мало оригинального, что его труды повторяют в основном работы Франческо ди Джорджио (1439-1500) и других инженеров эпохи Возрождения. Истина, очевидно, где-то посередине.

Леонардо был плодовитым автором. Он начал делать записи в возрасте 37 лет и продолжал вести их почти до самой своей смерти. Несмотря на то, что его ценные научные замечания и чертежи занимают около 7000 листов, несмотря на то, что публикация их в то время была вполне осуществима, Леонардо не опубликовал ни одной строчки. Он излагал свои мысли в чрезвычайно сжатой форме, а записи вел так называемым «зеркальным» почерком, свойственным только левше. Леонардо, однако, сознавал недостатки своих заметок. В рукописи, хранящейся ныне в Британском музее, он писал:

«Это – беспорядочное собрание мыслей, взятых из многих работ, которые я здесь воспроизвожу в надежде расположить когда-нибудь по порядку, в соответствии с их содержанием. Боюсь, что я часто повторяюсь. Не брани меня за это, читатель: тем много, и я не в состоянии удержать их все в памяти, чтобы сказать себе: «Этого я писать не буду, потому что писал уже об этом раньше».

После смерти Леонардо все рукописи унаследовал его молодой друг и компаньон Франческо Мельци, который тщательно отобрал из них все, что относилось к искусству, а остальное оставил без внимания. Эти «отходы» в конце концов были связаны в двадцать с лишним пачек и переданы или проданы библиотекам и частным лицам. Но и после этого они по-прежнему оставались почти неизвестными. Наконец, некоторые записи попались на глаза выдающемуся инженеру-гидравлику Джованни Батиста Вентури (1746-1822), по имени которого Клеменс Гершель назвал современный водомер. Самая знаменитая тетрадь, хранящаяся в Милане, получила имя «Атлантического кодекса» исключительно за свои размеры. Изучив заметки Леонардо, Вентури написал статью «О физико-математических работах Леонардо да Винчи», которая была опубликована в 1797 г. Вентури доказывал, что Леонардо был выдающимся ученым, который намного опередил свое время. Еще большее значение его статьи в том, что она вызвала неиссякающий и поныне поток книг и статей о Леонардо.

Систематическое изучение и публикация начались только во второй половине XIX в. В этой работе принимали участие итальянские, французские, российские, норвежские, английские ученые. Вплоть до середины прошлого века рукописи Леонардо вызывали только общее

изумление и граничащее с преклонением восхищение гениальностью их автора. Обширные систематически упорядоченные извлечения из них воспроизводились по-итальянски и в переводах на многие языки. Обстоятельный русский перевод избранных естественнонаучных записок Леонардо да Винчи был опубликован известным историком науки Василием Павловичем Зубовым. Это том, объем которого превышает тысячу страниц [1]. Слава Леонардо как инженера и ученого непрестанно росла на протяжении XIX и XX вв. вместе с числом посвященных ему публикаций. Действительно, в отдельных его высказываниях можно усмотреть прообразы общих законов динамики и даже вариационных принципов механики, он утверждает единство законов движения на Земле и во Вселенной, набрасывает конструкции достаточно сложных технических устройств (включая вертолет), выступает против возможности создания вечного двигателя. Безусловно, труды любого ученого должны рассматриваться в сопоставлении с достижениями его предшественников и современников и в свете их влияния на последующее развитие науки. Вследствие скрытности Леонардо и обнаружения части его рукописей лишь через 300 лет после их написания, наверное, все же не приходится говорить о существенном влиянии этих записок на последующее развитие естественных наук и техники. Тем не менее, интерес к творчеству Леонардо да Винчи только растет, и мы постараемся рассказать о взглядах, исследованиях и наблюдениях этого великого человека в области гидравлики, гидротехники и гидрологии.

К счастью для гидрологов и гидравликов, исследования Леонардо о воде, разбросанные по разным рукописям, собраны воедино стараниями различных ученых, среди которых, в частности, следует назвать Арконати (1643), Кардинали (1826), Маккарди (1928) и Рихтера (1939). (Последние два автора перевели рукописи на английский).

Изучение движения воды

Научный метод познания Леонардо сводился к следующему: 1) внимательное наблюдение; 2) многочисленные проверки результатов наблюдения с разных точек зрения; 3) зарисовка предмета и явления, возможно более искусная, так, чтобы они могли быть увидены всеми и поняты с помощью коротких пояснений. Там, где знание достигается наблюдением, Леонардо гениально проницателен.

Движение вод представляло особенно широкое поле наблюдений для Леонардо. Он представлял себе законы течения воды в открытых руслах лучше, чем все его предшественники и современники, и это неудивительно, так как он основывался на личных наблюдениях. Здесь многое замечено им впервые. Он описывал движение волн на воде и, в частности, распространение круговых волн на поверхности и взаимное их беспрепятственное прохождение. Он отметил образование донных песчаных гряд в потоках и аналогичных гряд, обусловленных действием ветра на суше. Он наблюдал и зарисовывал траектории движения частиц при истечении из отверстий и через водосливы. Замечательны его схематические зарисовки картин вторичных течений в жидкости при сходе потока с донной ступени.



Рис. 1. Наверху вода, огибающая препятствия, внизу – вода, льющаяся в бассейн. 1507 г.

Он наблюдал за движением вод в реках и, по-видимому, первым отметил закон неразрывности – обратную пропорциональность скоростей площадям поперечных сечений. Вот, например, его высказывание:

«Если две реки получают в своем начале равный объем воды, то равное же количество воды выйдет из их устьев, то есть вытечет равный объем воды в равное время, хотя реки могут различаться по длине, ширине, величине уклона, глубине, русло одной реки может быть извилистым, а другой — прямым; или же оба русла могут извиваться, но их извилины могут иметь разные очертания; или же у одной реки ширина постоянная, а у другой изменяющаяся; или же у обеих ширина может изменяться, но по-разному; или же у одной глубина неизменная, а у другой переменная; или же у обеих рек глубина изменяется, но эти изменения не имеют ничего общего между собой; и одна река может все время течь быстро, а другая – все время медленно, или же попеременно то быстро, то медленно; тот факт, что в этих двух реках существует бесконечное многообразие течений, различающихся по длине, ширине, уклону и глубине, не препятствует тому, что при равных количествах воды, в них поступающих, равное же количество воды из них и выйдет».

Леонардо предложил ставшую теперь широко распространенной аналогию принципа неразрывности:

«Представим себе улицу, состоящую из трех смежных участков разной ширины; первый участок – наиболее узкий, в четыре раза уже, чем второй, а второй в два раза уже, чем третий; все три участка заполнены людьми, тесно прижавшимися друг к другу; они должны идти, не останавливаясь; когда люди на широком участке делают один шаг вперед, то те, кто находится на среднем участке, должны делать два шага, а те, кто на самом узком, – восемь; эта пропорция сохраняется при любом движении, проходящем через участки различной ширины».

Леонардо понимал, какое значение имеет уклон в гидравлике открытых потоков:

«Если русло реки имеет большой уклон, вода течет быстрее; а при более быстром течении река больше вымывает и углубляет русло, так что то же самое количество воды занимает меньше места».

Он имел отличное представление о распределении скорости потока:

«Скорость движения воды на поверхности больше, чем у дна. Происходит это оттого, что на поверхности вода соприкасается с воздухом, сопротивление которого невелико, так как он легче воды, а на дне вода соприкасается с грунтом, сопротивление которого больше, так как он тяжелее воды и неподвижен. Из этого следует, что та часть воды, которая дальше от дна, испытывает меньшее сопротивление, чем та, что находится внизу».

Леонардо одним из первых систематически исследовал очертания речных русел. Очень скоро он подметил, что посередине прямолинейного русла скорость течения воды больше, чем у берегов, где действует трение. Леонардо много занимался исследованием течения в реках и каналах и, без сомнения, пользовался для этого моделями. В его записных книжках есть наброски деревянных моделей каналов, в которых он производил эксперименты. Он применял красители для изучения движения воды, его заметки и рисунки показывают, что для удобства наблюдений некоторые его опытные лотки имели стеклянные стенки. По-видимому, в большинстве опытов с моделями Леонардо изучал не количественные, а качественные изменения. Тем не менее его рвение экспериментатора не может не вызывать восхищения.

На рис. 3 воспроизведена картина А. Фразьера, на которой изображен Леонардо, изучающий распределение скоростей течения в реке. Деревянный поплавок, плывущий в воде, художник срисовал с рукописи Леонардо, хранящейся в Институте Франции. Такой же поплавок изображен в одной из записных книжек Леонардо. Леонардо держится вровень с поплавком, плывущим посередине реки вниз по течению. Одновременно он измеряет пройденное расстояние при помощи одометра. Для измерения времени, за которое поплавок покрывает это расстояние, он распевает музыкальные гаммы. На противоположном берегу реки сидит его помощник с заготовленными поплавками. Позади Леонардо – ватерпас, с помощью которого он определял уклон реки, и кувшин с водой для «заправки» ватерпаса. Все эти предметы срисованы художником с рисунков из подлинных рукописей Леонардо. Это, очевидно, была первая серьезная попытка определения скорости движущейся воды с помощью поплавков.



Рис. 2. Леонардо измеряет скорость течения реки с помощью поплавков

Трактат о воде

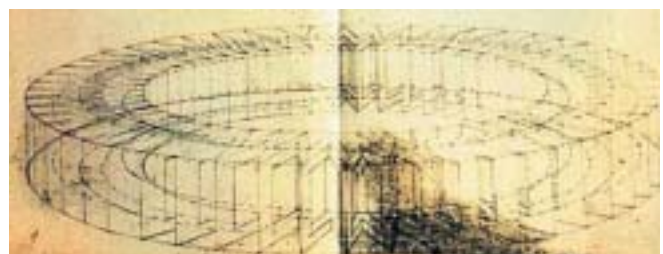
Леонардо собирался написать трактат о воде и даже уже решил, что разделит его на следующие пятнадцать книг: о самой воде (1); о мере (2); о подземных потоках (3); о реках (4); о природе пучин (5); о препятствиях (6); о различных видах песка (7); о поверхностных водах (8); о предметах, в нихдвигающихся (9); об укреплении (берегов) рек (10); о водоводах (11); о каналах (12); о машинах, приводимых в движение водой (13); о наводнениях (14); о веществах, находящихся в воде (15). Хотя замысел работы был совершенно ясен Леонардо, он так и не завершил ее. В его рукописях множество заметок, зарисовок и конспектов глав предполагаемой работы. Если бы Леонардо закончил свою книгу и позаботился о ее издании, история гидрологии и гидравлики, а также гидротехники еще при его жизни пополнилась бы важным разделом.

Сохранилось много рисунков, посвященных целому ряду возможных гидротехнических сооружений. Изучая гидродинамику, Леонардо пытался найти наиболее эффективный способ применения силы и энергии воды при помощи больших колес. Одно из них изображено на рис. 3.

Еще один метод закачки воды Леонардо заключался в применении водяного колеса с чашами (рис. 4), которые зачерпывали воду из нижней емкости и выливали ее в верхнюю.

Леонардо усовершенствовал систему открытия и закрытия шлюзовых ворот. Он изобрел маленькие шлюзовые ворота с засовом в их основании (рис. 5). Засов позволял впустить то количество воды, которое было необходимо для выравнивания давления по обеим сторонам главных ворот, что облегчало их открытие.

Рис. 3. Водяное колесо



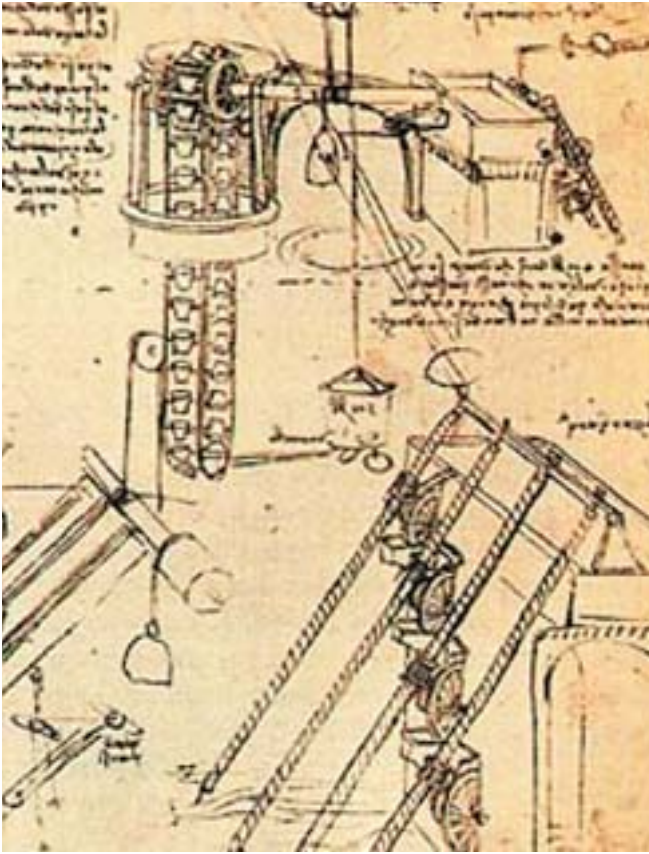


Рис. 4. Водяное колесо с чашами

Для очистки каналов Леонардо изобрел драгу (рис. 6), помещаемую между двумя лодками и снабженную четырьмя лопастями. Лопастями приводились в движение рукоятью. По замыслу, собранный со дна ил складывался на плот, укрепленный между двумя лодками. При повороте колеса трос, привязанный к берегу, наматывался на барабан, что автоматически передвигало установку.

Леонардо пробовал решить и такую проблему, как ускорение и облегчение навигации. Он предполагал оснастить некоторые лодки большими гребными колесами (рис. 7), приводимыми в движение либо вручную, либо при помощи педалей, возможно, оснащенных маховиком. Все это учащало ритм и повышало эффективность традиционной гребли.

Рис. 5. Шлюзовые ворота

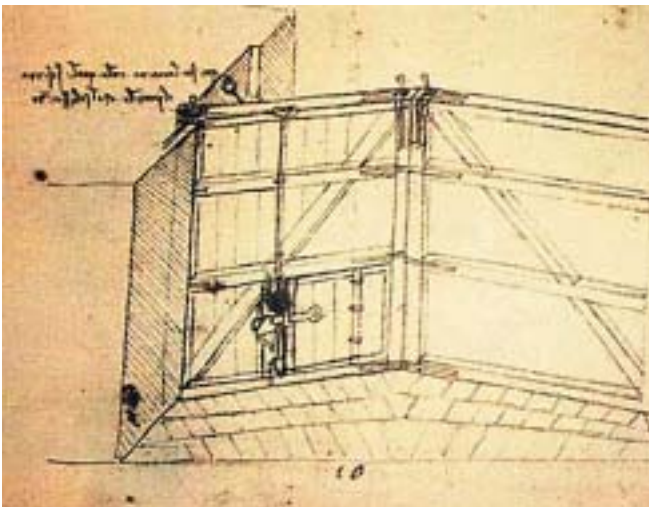


Рис. 6. Драга (рисунок и макет)

Один из ранних биографов и хранитель его рукописей в Амброзианской библиотеке в Милане Карло Аморетти говорил: «И не только в стихии, предназначенной для рыб, хотел Винчи, чтобы человек жил и пролагал путь, но также и в той, где птицы и ветры». Леонардо был гидравликом и не только от воды восходил к воздуху, но и наоборот, пути его шли от воздушного пространства к поверхности воды и ее глубинам. Леонардо дал основание гидравлической науке много раньше, чем появились работы Ньютона, Гира, Лапласа и др. Разрабатывая и совершенствуя средства и способы спасения «во время бури или морского кораблекрушения», а также при аварии над водой будущих летательных аппаратов, Леонардо да Винчи внес значительный вклад в обеспечение безопасности жизни в экстремальных ситуациях на воде. Последовательные изыскания и открытия Леонардо да Винчи, связанные с морскими глубинами, привели его к изобретению водолазной техники, мягкого скафандра, дыхательного аппарата.

Леонардо о круговороте воды

Воззрения Леонардо, касающиеся гидрологического цикла, изучены не так тщательно, как они того заслуживают.

В тезисах к задуманной, но так и не завершенной работе «Трактат о воде» Леонардо пишет:

«Древние говорили, что человек – это Земля в миниатюре. И, конечно, это мнение справедливо, ибо раз тело человека состоит из земли, воды, воздуха и огня, он напоминает землю; как кости служат опорой и остовом для плоти человека, так и землю поддерживают скалы; как внутри человека – озеро крови, в котором при дыхании

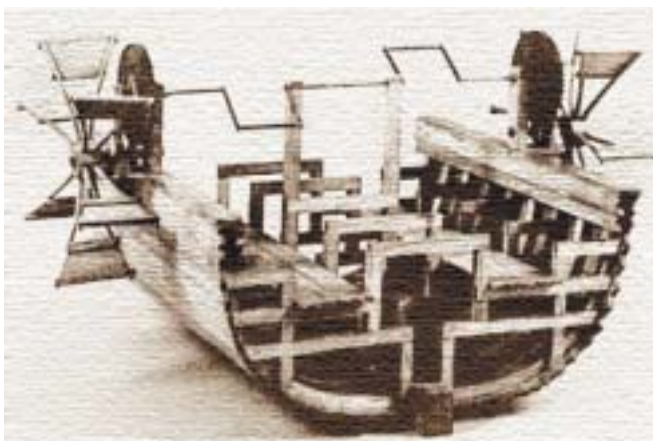
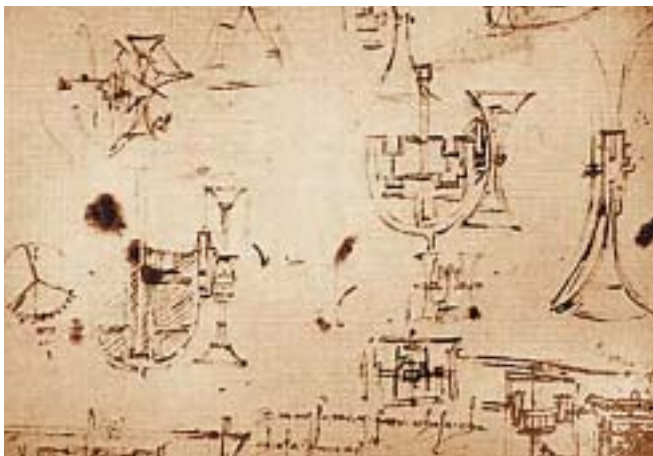


Рис. 7. Рисунок и макет лодки с гребными колесами

вздвигаются и опадают легкие, так и тело Земли имеет свой океан, каждые шесть часов отливающий и приливающий вместе с ее дыханием; как из этого озера крови выходят жилы, разветвляющиеся по всему телу человека, так и моря наполняют тело Земли бесчисленными источниками воды. Тело Земли лишено сухожилий и мускулов, ибо они предназначены только для движения, и Земля, находящаяся в состоянии вечного покоя, в них не нуждается. Но во всем остальном Земля и человек очень схожи... Если бы тело Земли не имело такого сходства с человеческим телом, воды морей, находящиеся намного ниже гор, не могли бы подниматься на их вершины. Отсюда следует, очевидно, что те же причины, которые удерживают кровь в голове человека, заставляют воду подниматься на вершины гор».

И Леонардо развивает эту мысль дальше:

«Та же самая сила, которая заставляет жидкость внутри человеческого тела двигаться вопреки естественному закону тяжести, гонит воду по жилам Земли, в которые она заключена, и распределяется по мелким протокам. Как кровь подымается снизу тела и брызжет через разорванные жилы на лбу, как влага из корней виноградной лозы подымается к надрезу на ее стволе, так и вода подымается из морских глубин к горным вершинам, выливается там из вскрытых жил и возвращается в море. Таким образом, движение воды внутри Земли и вовне все время чередуется, вода то подымается вверх, то, подчиняясь своему естеству, падает вниз. Так она все движется и движется, в непрерывном круговращении, снизу вверх и

сверху вниз, никогда не оставаясь в покое и не отклоняясь ни от своего предназначения, ни от своей природы».

Эта выдержка из сочинений Леонардо имеет как будто мало общего с современной теорией круговорота воды, но тут же он пишет:

«Где есть жизнь, там есть тепло, а где есть жизненное тепло, там происходит движение паров. Это не требует доказательств, ибо мы видим, что элемент огня своим теплом притягивает к себе влажные пары и плотные туманы в виде компактных облаков, которые он заставляет подыматься с морей, озер и рек, из сырых долин; пары эти постепенно подымаются до области холода, и здесь первая часть их останавливается, потому что тепло и влажность не могут существовать рядом с холодом и сухостью; к первой части одна за другой присоединяются остальные, и так образуются плотные темные облака. Носимые ветром, они соединяются в большие массы и становятся настолько тяжелыми, что низвергаются сильным дождем; а если силу элемента огня умножает жар солнца, облака притягиваются еще выше и встречают там еще больший холод, в котором образуют лед и снег, и тогда они низвергаются бурями с градом. То же самое тепло, которое удерживает тяжелые массы воды, дождем падающей из облаков, заставляет ее подыматься с подножия гор вверх, достигать вершин и, найдя какие-нибудь расселины, изливаться из них, образуя таким образом реки».

Следовательно, здесь буквально рядом соседствуют две противоположные концепции круговорота воды – одна, с точки зрения наших современных представлений, правильная, вторая – ошибочная. Характерно, что Леонардо иногда выражал сомнения по поводу тех или иных де-

Рис. 8. Водолазный костюм



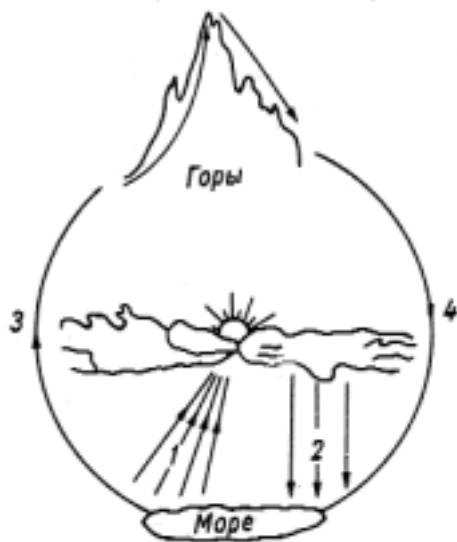


Рис. 9. Круговорот воды по Леонардо да Винчи (1 – испарение; 2 – осадки; 3 – морская вода, поднимающаяся по «земным жилам» из вершины гор; 4 – речной сток в море)

талей этих концепций, но пока что в его заметках не найдено записей, указывающих на то, что он когда-нибудь отвергал основные положения своих гидрологических теорий. По-видимому, он считал, что обе системы круговорота воды действуют параллельно. Нетрудно себе представить, как Леонардо наблюдает горный поток (великий итальянец считал его разорванной земной жилой), мчащийся по склону горы во время внезапного ливня, когда падающая с неба вода увеличивает его водоносность. В последнем из приведенных только что рассуждений он, очевидно, пытался передать эту мысль.

Сказанное выше дает основание утверждать, что не все в схеме гидрологического цикла Леонардо да Винчи согласуется с современными взглядами, но, тем не менее, следует признать, что он четко и верно сформулировал основные положения концепции, по сей день пользующейся общим признанием. На рис. 9 дано графическое изображение круговорота воды по Леонардо да Винчи.

Анализ научных и технических изысканий и решений Леонардо да Винчи в области только водной стихии свидетельствует о его гениальных теоретических и практических трудах, о его великолепной методологии. Многие идеи и разработки Леонардо да Винчи нашли свое воплощение через века, актуальны и в настоящее время. А кое-что до сих пор представляет неразгаданную тайну.

Леонардо да Винчи умел правильно ставить вопросы, указывая иногда и возможные пути поиска решений. Безусловно, в этом сказалась гениальность Леонардо. Он не стал путепроходцем в науке, но мог быть путеводителем, если бы не его болезненная скрытность и самомнение, лишившие многие поколения знакомства с его заметками. Тем не менее, он остается для нас пронизательнейшим наблюдателем природы, поражает невероятной разносторонностью своих интересов и догадок, интуицией и провидением.

Литература

1. Азит К. Бисвас. Человек и вода. Л., Гидрометеиздат, 1975.
2. Леонардо да Винчи. Избранные естественнонаучные произведения / Под ред. В.П.Зубова. М., 1955.
3. Г.К. Михайлов. Леонардо да Винчи, кто он? Природа, № 9, 2004.
4. Уоллэйс Р. Мир Леонардо. М., Терра, 1997.
5. <http://www.vinci.ru>

СПИСОК СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «ПОЛИМЕРНЫЕ ТРУБЫ» В 2005 г.

Новости отрасли

Выездное заседание коллегии министерства ЖКХ Московской области в г. Климовске. – № 1/2005

Чебоксарский трубный завод. На новом месте новые возможности. В. Жирнов – № 1/2005

Применение новых технологий при реконструкции тепловых сетей на предприятиях теплоэнергетического комплекса Краснодарского края. Г. Смирнова – № 1/2005

Рубежанский трубный завод. Новый лидер на украинском рынке полиэтиленовых труб. Р. Волков, М. Сезонов – 1/2005

Применение труб из полимерных материалов в инженерных сетях Ростовской области. – № 2/2005

Водоканалы Дона идут к швейцарскому качеству. – № 2/2005

Форпост на юге России. – № 2/2005

«ИЗОПРОФЛЕКС». Белорусский дебют. А. Озеров – № 2/2005

Официальное открытие Чебоксарского трубного завода. И. Архипов, В. Жирнов – № 2/2005

«ТРАССА». Новый автоматический аппарат для муфтовой сварки ПЭ труб. Н. Прокопьев – № 2/2005

Петр Аксенов: Москва – энергоэффективный город. – № 3/2005

Выставка «Строительная неделя Московской области 2005 года». – № 3/2005

Современные технологии в строительной отрасли Калмыкии. – № 3/2005

Москва – энергоэффективный город. – № 4/2005

Уфаводоканал: в новый век с новыми технологиями. А. Меркотан – № 4/2005

Семинар–совещание министерства ЖКХ Московской области. – № 4/2005

Вторая международная специализированная выставка «ЖКХ России – 2005». – № 4/2005

«Ставтрубпласт» начал работу. – № 4/2005