УДК 94(520):(091):51(092)

В статье рассмотрена история японской математики в Японии в период Эдо (1603–1868). Целью автора стало изучение этапов и специфики эволюции традиции васан в контексте персональной и интеллектуальной истории.

Ключевые слова: Япония; Эдо, история науки; японская математика; васан; рангаку; соробан; тэндзан; энри; craft-дзюцу.

The article deals with the history of Japanese mathematics in Japan in the Edo period (1603-1868). The author's goal is to investigate stages and features of the evolution of the Wasan tradition in the context of personal and intellectual history.

Keywords: Japan; Edo; History of Science; Japanese Mathematics; Wasan; Rangaku; soroban; tenzan; enri; bosha-jutsu.

Е. А. Филиппов

Санкт-Петербургский государственный университет
E-mail: evgenii.philippov@gmail.com

Японская математика *васан* в эпоху Эдо: исторический обзор
Часть 2

Научная статья

E. A. Filippov

Department of Oriental Studies of Saint Petersburg State University

The Japanese mathematics *wasan*: Historical Review
Part 2

Scientific article

В 1726 г. Курусима Ёсихиро (久留島義太) опубликовал «Квадратуру нуля» (平方零約術 [1]), в которой развивал идею бесконечных рядов и интегральных уравнений, близкую к идеям Пьера Ферма [1, с. 114], и независимо от европейских учёных обосновал идею бесконечных дробей.

Существовал строжайший запрет того времени на ввоз в Японию любых европейских книг, он был лишь несколько смягчён специальным указом восьмого сёгуна Токугава Ёсимунэ в 1720 г. Однако вряд ли японские математики даже после такого послабления могли ознакомиться с успехами европейской науки. Мнение, что Адзима Наонобу или Сэки Такакадзу знали о европейских достижениях, представляется сомнительным, хотя такие точки зрения существуют. Переводчик 1780-х гг. из Нагасаки, Сидзуки Тадао (1758–1806), восторженно писал Оцуки Гэнтаку, что он смог устроиться на работу в процессию *даймё* в Эдо в качестве кули. Объяснял свой восторг он тем, что может попросить у *даймё* «любую книгу, в которой описываются интересные теории физики или астрономии, или на китайском, или на западном языках. Я особенно хотел бы увидеть математические труды о логарифмах, о которых вы упоминали» [1, с. 546]. Тацухико Кобаяси в своей работе [3, p. 373] говорит о китайских источниках и переводах на китайском языке, касающихся европейской алгебры и календарях, разрешенных к ввозу в Японию после смягчения запрета в 1720 г. В 1799 г. Мотоори Норинага (本居宣長) делает копии работы «Календарь Чунчжэнь», содержащей тригонометрические функции. Хирата Ацутанэ (1776–1821) копирует и, возможно, знакомится с этой работой в 96 томах. Мацудайра Садонобу (松平 定信) обладал целым рядом книг, касающихся западных астрономии, календарей, алгебры, геометрии [3, p. 373]. Маловероятно, что они были доступны математикам *васан*. Работы хранились в правительственных фондах, и специалисты не проявляли к ним интереса или даже не знали об их существовании. Единственным исключением можно назвать Аида Ясуаки (会田安明) и его увлечение эллипсами (рассматривается далее). Даже если прикладная математика в течение эпохи Эдо иногда взаимодействовала с европейским знанием (школы артиллеристов, кораблестроение), то теоретическая на протяжении почти всего периода

[1] *Хэйхорэйякудзицу*

была изолирована от европейского влияния. Основными препятствиями были языковой барьер и закрытость научных школ. Поэтому Сэки является выдающимся образцом не только благодаря своим математическим работам, но и, пусть частичной, открытости его школы.

В начале XVIII в. Мацунага Ёсисукэ (松永 良弼) ещё более развил систему Сэки. Преимущества его педагогических приёмов, техник запоминания и вычисления в уме не позволили японской математической школе отбросить васан и даже заинтересовали европейскую своими достижениями. Учёный выпустил ряд трудов [4, с. 117–122], посвящённых способам выяснения общей суммы членов арифметической прогрессии, а в 1739 г. закончил работу *Хоэнсанкэй* (方円算経), где, основываясь на теории кругов энри, изложил правила вычисления площади сегмента и длины его дуги, дал перечень интегральных величин сторон прямоугольного треугольника [5, с. 156,157], разложил *функцию* $(\arcsin x)^2$ в числовой ряд, вычислил число π до 49 знака и оригинальным способом [1, с. 114] решил теорему Пифагора.

В отличие от алгоритмов решения в Европе, где математики на практических примерах стремились к созданию общего универсального решения для задач того или иного типа – созданию теории, японские математики не объясняли решения задач, что существенно тормозило развитие *васан*. Даже прибегая к объяснениям в конкретной задаче, приводилась последовательность действий, необходимых для получения конкретного ответа на конкретный вопрос. Особенность привела к тому, что о многих успехах *васан* мир узнал только в XX в., когда исследователи-энтузиасты, профессионалы и целые коллективы института Васан, применяя современные методы и знания, начали изучать работы Сэки и других математиков эпохи Эдо.

В XVIII в. в Японии было в ходу шесть математических методов: *соробан, сантю, тэнгэн, эндан, тэндзан, энри* [1, с. 114]. Их применяли в арифметике, элементарной алгебре и геометрии, в измерениях. Помимо обучения учеников, работы японских учёных были задачниками для умственных упражнений аристократов Киото или чиновников военного сословия в Эдо. Продавая сложные и занимательные задачи, японский математик мог заработать и уделял внимание геометрии и алгебре ровно в том объеме, чтобы сформулировать интересную задачу, но не создавать фундаментальные теории. В Европе математика изначально была тесно связана с философией, что обусловило появление аксиом, различных моделей пространства, систем координат. Развитию теоретической составляющей представители *васан* не уделяли. Одним из недостатков японской математической традиции являлось отсутствие понятия *функция* [6, р. 476], что существенно ограничивало возможность вычислений. Тем более удивительны достижения в изучении числовых рядов, прогрессий, степеней и коэффициентов, решения практических геометрических задач.

Поступательное развитие *васан* демонстрирует на протяжении всего XVIII и XIX вв., однако учёных с громкими именами, подобных Сэки Такэкадзу, не появляется. Среди наиболее именитых математиков XVIII в. можно назвать Сакабэ Кохан (坂部 廣胖) и Фудзита Садасукэ (藤田 貞資). Фудзита в 1781 г. издаёт хрестоматию «Избранная математика» (精要算法 [2]), послужившую предлогом для семнадцатилетнего спора между школами Сэки (ее представлял Фудзита) и школой Могами (Аида Ясуаки) [1, с. 115]. Фудзита являлся не только талантливым математиком и педагогом, но и активным популяризатором своей науки. В его школе обучалось более сотни учеников. Фудзита активно доказывал преимущества использования достижений его математической школы в астрономии, навигации, физике, механике, финансах, измерении полей и других практических отраслях. Он выделял три направления в математике – теоретическую, прикладную и занимательную [1, с. 115].

Сакабэ Кохан в 1803 г. разработал способ извлечения кубического корня при помощи извлечения квадратного и подробно объяснил вычисления на счётах *соробан* в работе *«Риппо сёкэй»* (立方晶系). Он пытался распространить математические знания среди более широких слоёв населения, пропагандировал математику как основу коммерческой бухгалтерии и навигации. В 1815[3] г. он публикует серию [3, р. 369] из 15 томов «Записи о вычислении методом Тэндзан» (算法點竄指南錄), где впервые используются тригонометрические таблицы (вероятно заимствовав из работ европейских математиков). Сами же таблицы были опубликованы в 1812 г. в приложении к труду

[2] *Сэйё сампо*

[3] *Сампо тэндзан синан року*. В работе Воробьёва [1] «Руководство по методу тэндзан» датировалось 1810 г. [1, с. 115].

по сферической тригонометрии *Сосэй сокуэн дзюцу* (創製側円術幷解). Однако распространение они получат только после выхода [1, с. 116] в 1844 г. работы Коидэ Тёдзюро (小出 長十郎).

В первой половине XIX в. японских математиков интересовали главным образом задачи вычисления радиуса к длине окружности, а также вычисления центра тяжести. В своей работе 1835 г. Ёсида Сигэрунори (吉田重矩) и Каваи Кагэмицу (川井 影光) – *Мидзогути рю норицунэ дзюцу дзукай* (溝口流規矩術図解) решали их, усовершенствовав теорию кругов *энри* [7]. Примером задачи того времени и возможного упрощенного альтернативного решения западной теоремы можно привести метод (способ) *Бося (собася) дзюцу* [8, p. 190], доработанный Адзима Наонобу и развитый Умэмура Сигэёси (梅村重得, 1804-1884) в работе *Собася сёкай* (傍斜捷解). Труд так и не был опубликован в эпоху Эдо.

После Мэйдзи традиция *васан,* утратив значение господствующей научной парадигмы и уступив место общемировой науке, не исчезла полностью. Некоторые методы и конкретные задачи с решениями оставались востребованными на протяжении всего XX в. Даже в 2017 г. в Японии издаются пособия по занимательной геометрии *васан – сангаку*. В последние двадцать лет можно говорить о растущем интересе к традиции. Некоторые из задач публиковались в России и других странах в журналах по занимательной математике, а несколько десятков[4] задач японского происхождения можно найти на сайте «cut-the-knot.org». Выше уже упоминались школы устного счёта, где на *соробан* обучают детей «японской ментальной арифметике». Не обладая математическими компетенциями, концентрируясь на историко-культурной составляющей процессов, на примере *Бося дзюцу* предпринята попытка показать содержательную часть *васан*. Далее представлен перевод отрывка раздела из монографии «Симметрия: наука и культура» Хироси Окумура [8].

Бося (собася) дзюцу можно понимать как теорию касательных различных соприкасающихся кругов. «Основные формулы:

$$l^2 = \frac{c^2 t_{AB}^2}{(c+b)(c+a)} \quad \text{и} \quad l^2 = \frac{c^2 t_{AB}^2}{(c-b)(c-a)}$$

[Формула 1] и [Формула 2].

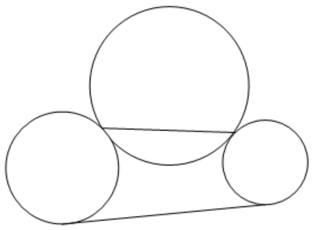

Рисунок 1a

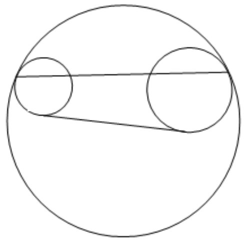

Рисунок 1b

Для фигур, изображенных на рисунках 1a и 1b, (a, b, радиусы окружностей A, B) tAB является одной из внешних касательных A и B, а l – расстояние между двумя точками касания AC и BC. В этом переводе используется традиционное понятие «радиус». Но в *васан* принято было использовать не радиусы, а диаметры окружностей.

Следующие формулы для четырех касательных окружностей:

$$(b+d)^2 t_{CA}^4 - 8bd(b+d)(c+a)t_{CA}^2 - 16abcdt_{CA}^4 + 16b^2d^2(c-a)^2 = 0$$

[Формула 3]

$$(b-d)^2 t_{CA}^4 + 8bd(b-d)(c+a)t_{CA}^2 + 16abcdt_{CA}^4 + 16b^2d^2(c-a)^2 = 0$$

[Формула 4]

$$(b+d)^2 t_{CA}^4 + 8bd(b+d)(c+a)t_{CA}^2 - 16abcdt_{CA}^4 + 16b^2d^2(c-a)^2 = 0$$

[Формула 5]

на рисунках 2a, 2b и 2c соответственно. Умэмура показал, что эти формулы могут применяться для решения задач, связанных с касательными окружностей. Один из его простых результатов $t_{BD}^2 t_{CA}^2 = 64abcd$ [Формула 6] изображен на рисунке 3.

На основании вышеизложенного можно сделать заключение, что в формулах атрибуты изменяются в соответствии с положением окружностей. Умэмура отмечал как один из главных недостатков метода то, что мы должны рассчитать и определить положение кругов. Но эти формулы могут быть объединены, если мы рассмотрим ориентированные окружности и ориентированные линии, а соприкасающиеся окружности в качестве несоприкасающихся ориентированных окружностей. Можно утверждать, что решение принадлежит к геометрии ориентированных окружностей. Но, поскольку в геометрии *васан* не существовало идей ориентации или направлений, нельзя называть метод *бося дзюцу* в полном смысле аналогом геометрии ориентированных

[4] На 2016.06.25 – 68 задач. На 2017.10.11 – 75 задач [9]. Можно надеяться, что в ближайшие десять лет число только увеличится, благодаря как исследованиям и переводам на английский самих японских специалистов, так и интересу к этому направлению у математиков в мире.

окружностей. Тем не менее эта задача была решена в Японии примерно в то же время, когда французский математик Э. Н. Лагерр, применив инверсию, исследовал ориентированные окружности и ориентированные линии» [8, p. 191], а способ решения показывает высочайший для того времени

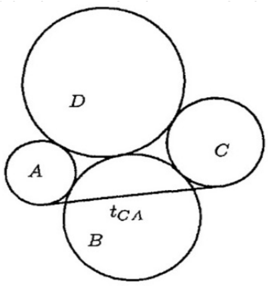

Рисунок 2a

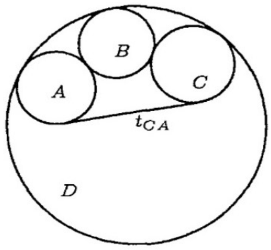

Рисунок 2b

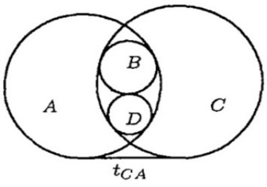

Рисунок 2c

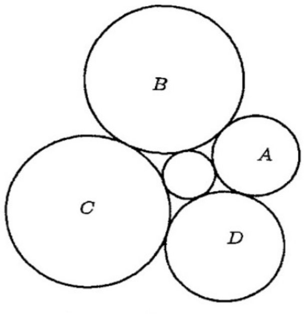

Рисунок 3

Первые точечные рецепции относятся к концу XVIII в. благодаря *голландоведению*. Некоторые японские математики *васан* начали знакомство с достижениями западной науки. Можно с большой вероятностью предположить знакомство *голландоведа* Аоки Конъё (青木昆陽) с «Компендиумом по астрономии и составлению календаря» 1742 г. под редакцией иезуитского миссионера немецкого происхождения Игнатия Кёнгкера (Ignatjus Köngker) и завезенного в Нагасаки из Китая. Согласно Кобаяси Тацухико [3, p. 365] в 1761 г. Аоки издаёт очень схожую с ним работу «Компендиум науки о календаре» (続昆陽漫録補 [5]). И действительно, удаётся обнаружить, что математики васан, такие как Аида Ясуаки (会田安明), Исигуро Нобуёси (石黒信由), Оно Эйдзю (小野栄重), заимствуют из этой работы изобразительный метод, и в конце XVIII–начале XIX в. начинают составлять задачи с использованием эллипсов. В 1799 г. Аида Ясуаки издаёт «Сборник задач с эллипсом» (算法側円集 [6]) [3, p. 365]. Однако вплоть до середины XIX в. это увлечение остаётся изолированным в рамках одной школы.

В 1830-40-е гг. появляются переводы и отдельные работы по европейской математике. Например, в 1844 г. – труда Коидэ Тёдзюро (小出 長十郎), а в 1857 г. – работа Янагава Сюндзо «Основы европейской математики» (洋 算用法 [7]). Несмотря на то что в образовании и в среде математиков любителей *васан* ещё долго сохраняла свои позиции, новых значительных идей, открытий и учёных не появляется.

В канун Мэйдзи центр теоретической математической науки окончательно перемещается в Эдо. В Киото и Осака остаются школы, но более прикладного характера. В 1855 г. по приказу правительства в Нагасаки открывается военно-морская академия, где обучались западной математике [6, p. 476]. Военные изучали европейскую алгебру, однако большинство учёных *васан* интереса к ней не проявили. Ситуация кардинально меняется в эпоху Мэйдзи.

Математика *васан* к тому времени уже не была замкнутой на себя дисциплиной, тайным знанием для избранных, а начала сознавать себя частью науки в целом. Заинтересовавшись европейским знанием, математики *васан*, опираясь на собственную традицию, становятся и специалистами в европейской математике, преподавателями новых школ и университетов. В этом видится отличие японской математики от других отраслей науки, где на смену специалистам «старой» школы, пришли «молодые», изначально воспитанные западной наукой *ёгаку*. Медленные темпы адаптации европейской математики на японской почве в эпоху Мэйдзи было обусловлено тем, что большинство преподавателей японской школы «*васан*», переняв европейские знания, сохранили свои традиции преподавания. В эпоху тотальной перестройки всех сфер общества по западному образцу математику в школах и университетах продолжают преподавать в рамках старой традиции и используют счёты. 1872 г. Министерство образования эту практику запрещает, а уже 1873 г. запрет упраздняет. Счёты окончательно «исключили» из университетов, однако в школах практика их применения сохранилась в программах 3–4 классов до 1935 г.

Традиции *васан* сохранялись и как упражнения для ума, в качестве «занимательной» математики у энтузиастов в *синдзюку* – школах дополнительного образования, у интересующихся студентов и профессоров – авторов огромного множества работ

[5] *Дзоку конъё манроку хо*

[6] *Сампо сокуэн сю*

[7] *ёсан ёхо*

по *васан* и геометрии. Например, синтетическая геометрия – популярное даже в XX в. направление – исчерпала себя только в 1971 г. [6, p. 476], когда Эвклидова геометрия была полностью исключена из программы высшей школы под влиянием идей движения за реформацию математики.

Первым заимствованием в *васан* было знакомство математиков с «Компендиум науки о календаре» Аоки Конъё. В конце XVIII в. Аида Ясуаки, Исигуро Нобуёси, Оно Эйдзю начали создавать задачи с использованием эллипса и заимствовали изобразительный метод. Однако вплоть до середины XIX в. заимствования оставались ограничены рамками одной школы. В 1812 г. в приложении к труду по сферической тригонометрии *Сосэй сокуэн дзюцу* (創製側円術幷解) были опубликованы тригонометрические таблицы, но распространение они получили только 1840-е. В 1830–1840 гг. начинают появляться первые переводы отдельных европейских математических работ. В 1857 г. публикуются «Основы европейской математики» (*ёсан ёхо*).

Таким образом, на момент неизбежной в условиях реформ эпохи Мэйдзи интеграции *васан* в мировую математику японская наука встретилась с новыми европейскими знаниями практически «на равных». И японские учёные, и европейские математики того времени решали одни проблемы, но на «разных языках», используя разный математический аппарат. На протяжении эпохи Эдо математика в Японии демонстрировала поступательное развитие, порой даже опережая европейскую. Тем не менее уже сформировалось множество проблем, недостатков и противоречий. Некоторые из задач, таких как, например, закрытость школ и отсутствие систематичности в преподавании, могли быть решены и без заимствований из Европы. Влияние идеологии Чжуси, политики государства, препятствующей некоторым отраслям знания, в сравнении со средневековой Европой и препятствиями, с которыми сталкивалась наука в культурном пространстве католической церкви, для Японии можно оценивать скорее благоприятно. Однако отсутствие строгого логического аппарата, нехватка формального языка и теоретической составляющей, выход на соседние области науки и невостребованность в практических отраслях обусловливались общей социокультурной обстановкой в стране и уровнем развития науки в целом. Только заимствование в середине XIX в. всего комплекса европейской науки, её универсальности, общих теорий, методов, языка илогического аппарата, а также интегрированность всмежные прикладные и теоретические дисциплины позволили преодолеть все препятствия, стоявшие перед японской математической школой.

Многие исследователи эпохи Эдо оценивали японскую математику *васан* как собрание интересных результатов, но не как науку, обязательным атрибутом которой должна быть теория. Признавая недостаток теоретической составляющей и должной формализации понятий, представляется возможным утверждать, что японская математика, опираясь на индуктивный метод познания, стремясь от наблюдения за частным прийти к общему, полагаясь преимущественно на эмпирическое взаимодействие со своим объектом, часто достигала успеха. Подход (индуктивного умозаключения) можно рассматривать как научный. Такая (неполная) индукция не может являться методом доказательства, но является мощным эвристическим методом, способом открытия новых истин. Тем не менее, достигнув высокого уровня математического знания в конце периода Эдо, дальнейшего развития *васан* не произошло. В XX в. можно говорить лишь об отдельных сохранившихся элементах. Многие традиции *васан* оказались настолько устойчивыми, что примеры следования им можно обнаружить и сейчас: внеклассные занятия по устному счёту *соробан*, задачники по «занимательной математике».

Ссылки

1. Воробьёв М. В., Соколова Г. А. Очерки по истории науки, техники и ремесла в Японии. М.: Наука, 1976. 231 с.

2. Jansen M. B. Rangaku and Westernization // Modern Asian Studies. Vol.18, №. 4, Special Issue: Edo Culture and Its Modern Legacy. Cambridge University Press, 1984. P. 541–553. URL: http://www.jstor.org/stable/312333 (дата обращения: 05.02.2010).

3. Kobayashi Tatsuhiko. Influence of European Mathematics on Pre-Meiji Japan. Seki, founder of modern mathematics in Japan: a commemoration on his tercentenary / Ed. by Knobloch Eberhard, Komatsu Hikosaburo, Liu Dun // Springer Proceedings in Mathematics & Statistics. 2013. Vol. 39. P. 357–474.

4. 小川 束, 平野 葉一. 数学の歴史: 和算と西欧数学の発展. – 東京: 朝倉書店, 2003. VII, 276頁. [Огава Цуканэ, Хирано Ёити. История математики: развитие Васан и

западноевропейской математики. Токио: Асакура сётэн, 2003. VII, 276 с.]

5. 三上義夫著, 佐々木力編. 文化史上より見たる日本の数学. – 東京: 岩波書店, 1999. 341, 6頁. [Миками Ёсио, Сасаки Тикара. Японская математика с точки зрения истории культуры. Токио: Иванами сётэн, 1999. 341 с.]

6. Kenji Ueno. Mathematics Teaching before and after the Meiji Restoration // ZDM Mathematics Education. 2012 (Aug). Vol. 44. P. 473–481.

7. 田中昭臣. 大工書・溝口若狭林卿『方圓順度』における近世の建築世界と明治期における展開 大阪市立大学大学院 都市系専攻 修士論文梗概集 2003年3月大阪市立大学 工学部 [Танака Аико. Заметки о столярном деле. «Хоэндзюндо» Мидзогути Вакасарикё. О развитии в период Мэйдзи и в современном мире архитектуры. Коллекция тезисов магистерских диссертаций высшей школы градостроительства Осакского городского университета. Март 2003. Факультет архитектуры и градостроительства Осакского городского университета]. URL: http://www.nakatani-seminar.org/kozin/syuuronn_kougai/tanaka.pdf (дата обращения: 07.06.2016).

8. Hiroshi Okumura. Geometries in the East and the West // Symmetry: Culture and Science / Ed. by G. Darvas and D. Nagy. 1999. Vol. 10, Numbers 1–2. P. 189–197.

9. Sangaku: Reflections on the Phenomenon. URL: http://www.cut-the-knot.org/pythagoras/Sangaku.shtml (дата обращения: 25.06.2016).

10. 小川束, 森本光生. 江戸時代の数学最前線. 和算から見た行列式. 東京：技術評論社, 2014. 223頁. [Огава Цуканэ, Моримото Мицуо. На передовой математики эпохи Эдо. Процессы с точки зрения васан. Токио: Гидзюцу хёронон ся, 2014. 223 с.]

11. 上垣 涉. 明治中期における珠算の復興運動に関する一考証 // 三重大学教育学部研究紀要. 第51巻. 教育科学. 津：三重大学教育学部数学教室、2000. 頁 1-20. [Уэгаки Ватару. Исследование по движению возрождения вычислений на счётах абак (Соробан) в середине периода Мэйдзи // Известия исследователей Педагогического факультета. Номер 51. Педагогические науки. Цу: Математическое отделение Педагогического факультета Университета Миэ, 2000. С. 1–12].

12. 深川英俊, トニー ロスマン. 聖なる数学:算額. 世界が注目する江戸文化としての和算. 東京：森北、2010. 356頁. [Фукагава Хидэтоси, Росман Тони. Священная математика: Сангаку. Васан, как замеченный в мире культурный феномен эпохи Эдо. Токио: Морикита, 2010. 356 с.]