

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШОКОВ ИМПОРТА НА ОСНОВЕ ТАБЛИЦ «ЗАТРАТЫ-ВЫПУСК»

Пархименко В.А.,

кандидат экономических наук, доцент,

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,

Быков А.А.,

доктор экономических наук, профессор,

Белорусский институт стратегических исследований, г. Минск

Ввиду событий, подобных пандемии COVID-19, которая вызвала череду локдаунов и нарушений в глобальных логистических цепочках, эскалации геополитической напряженности, повлекшей появление экономических санкций, смену тренда глобализации на регионализацию, а также необходимость формирования активной политики импортозамещения в целях улучшения сальдо торгового баланса, снижения давления на курс национальной валют и реализации стратегии технологического суверенитета в настоящее время **импорт промежуточных и конечных товаров и услуг стал значимым (в первую очередь, ограничивающим) фактором экономического роста и развития.**

Возможно ли моделирование указанных экономических феноменов и процессов средствами методологии «затраты – выпуск»?

С позиций теории такая возможность в модели Леонтьева существует в рамках сценарного подхода, когда осуществляется сравнение нескольких сценариев, основанных на различных предположениях об уровне и структуре конечного спроса, об изменениях величин технологических коэффициентов (прямых затрат) или их комбинации. Факторы, ведущие к сокращению импортных поставок (например, санкции или иные нарушения в глобальных цепочках поставок), и контрмеры в виде импортозамещения могли бы моделироваться посредством изменения коэффициентов прямых затрат по импортируемой продукции (уменьшение, а в некоторых случаях, вероятно, и обнуление) и прямых затрат по промежуточной продукции (увеличение, появление новых коэффициентов вместо изначальных нулевых значений). Полученные таким образом изменения в дальнейшем позволили бы получить (на основе новой обратной матрицы Леонтьева – матрицы полных затрат) прогнозные оценки изменения объемов выпуска, валовой добавленной стоимости и других макроэкономических показателей [1].

Если отталкиваться от прямой (количественной) задачи Леонтьева с отдельно выделяемыми матрицами отечественных и импортных товаров и услуг [2], то баланс межотраслевых потоков может быть записан как равенство между суммой производства отечественных товаров и услуг и импорта зарубежным товаров и услуг, с одной стороны, и суммой расходов на промежуточное и конечное использование, с другой стороны, а именно следующим образом:

$$(A_{отеч} + A_{имп}) \cdot X + (Y_{отеч} + Y_{имп}) = X + I, \quad (1)$$

где $A_{отеч}$ – матрица прямых затрат, построенная по данным промежуточного потребления отечественных товаров и услуг; $A_{имп}$ – матрица прямых затрат, построенная по данным промежуточного потребления импортных товаров и услуг; $Y_{отеч}$ – вектор-столбец, содержащий данные о конечном использовании (включая экспорт) отечественных товаров и услуг; $Y_{имп}$ – вектор-столбец, описывающий конечное использование (включая экспорт) импортных товаров и услуг; X – вектор-столбец, описывающий произведенный внутри страны общий объем выпуска товаров и услуг в основных ценах. Полностью соответствует вектору-столбцу X в уравнении (1); I – вектор-столбец, описывающий общий объем импортируемых товаров и услуг.

Можно представить общий объем импорта как сумму промежуточного импорта, напрямую зависящего от объемов производства отечественных товаров и услуг, и конечного импорта, задаваемого экзогенно, а именно – через следующее матричное уравнение:

$$I = A_{имп} \cdot X + Y_{имп}. \quad (2)$$

Если подставить (2) в (1) и решить (1) относительно X , получим следующее классическое выражение:

$$X = (E - A_{отеч})^{-1} \cdot Y_{отеч}, \quad (3)$$

где E – единичная матрица соответствующей размерности.

Матрица $(E - A_{отеч})^{-1}$ в (3) является матрицей полных затрат отечественных товаров и услуг на единицу (1 рубль) конечного спроса, или так называемой матрицей Леонтьева.

Интерес представляет матрица полных затрат импортной продукции на единицу выпуска отечественной конечной продукции, получаемая следующим образом:

$$C = A_{имп} \cdot (E - A_{отеч})^{-1}. \quad (4)$$

Матрица C может пониматься как матрица полной импортотемкости или как совокупность полных затрат на импортные товары и услуги, необходимые для производства единицы продукции при изменении конечного использования отечественных товаров и услуг на единицу (1 рубль). В частности, конкретный элемент матрицы c_{ij} показывает, насколько увеличится потребность в импорте i -й зарубежной отрасли при увеличении на единицу конечного использования отечественных товаров и услуг j -й отрасли.

При переходе к так называемой ценовой модели Леонтьева для целей моделирования влияния импортного фактора может быть записано следующее основное балансовое равенство:

$$P_{отеч} = (E - A_{отеч}^T)^{-1} (V + \widehat{P}_{имп} \cdot I_{проим} + Tx), \quad (5)$$

где $P_{отеч}$ – вектор-столбец индекса цен на отечественные товары и услуги; $A_{отеч}^T$ – транспонированная матрица $A_{отеч}$; V , Tx – векторы-столбцы, описывающие соответственно коэффициенты валовой добавленной стоимости и чистых налогов на продукты на 1 рубль валового выпуска; $\widehat{P}_{имп}$ – диагональная матрица, в которой диагональные элементы представляют собой соответствующие индексы цен на импортные товары и услуги для промежуточного использования в отечественном производстве; $I_{проим}$ – вектор-столбец, описывающий общий объем импортируемых товаров и услуг для промежуточного использования.

Исходя из (1)–(5), представим в табл. 1 обобщенное авторское понимание подходов к моделированию некоторых феноменов, описывающих влияние импорта на экономический рост и развитие, а также вероятных проблем, связанных с реализацией предлагаемых доходов.

На практике предложенные в табл. 1 подходы к моделированию вряд ли могут быть легко реализованы в полном объеме.

С нашей точки зрения, **проблема усовершенствования (усложнения) математического аппарата «затраты – выпуск» в данном случае отходит на второй план, а наиболее острый ограничивающий фактор – это проблема исходных данных требуемой детализации.** Как правило, такие данные не собираются официальной статистикой и зачастую доступны лишь для первичных (полевых) исследований.

Например, для отечественной экономики использование в качестве базы для модели данных за 2020 год¹, отсутствие доступной оперативной информации о технологических коэффициентах потенциальных импортозамещающих производств, отсутствие «разбивки» импортных потоков по странам, а также импортных инвестиционных товаров – по отечественным отраслям-потребителям, слишком быстрое развитие событий, делающее практически невозможным получение актуальной и достоверной оперативной статистики, проблема критического импорта, который легко заменить на уровне коэффициентов в модели, но с большим трудом – на практике, – все это существенно усложняет реализацию озвученных выше теоретических возможностей моделирования.

По всей видимости, аналитики смогут лишь апостериори полноценно оценить на основе последующих поколений таблиц «затраты – выпуск», как фактически произошла структурная перестройка экономики вследствие влияния «импортного фактора».

¹ Более поздние данные либо отсутствуют ввиду естественного лага подготовки и публикации таблиц «затраты – выпуск», либо имеют гриф служебного доступа.

Таблица 1

Подходы и проблемы моделирования некоторых феноменов, связанных с влиянием импорта на состояние национальной экономики средствами таблиц «затраты – выпуск»

Феномен	Возможный подход к моделированию	Предполагаемая проблема
Полная импорттоемкость отечественной продукции	Сумма значений матрицы C по столбцу j представляет полную импорттоемкость продукции j -й отечественной отрасли	Оценка является приблизительной, так как предполагается полная идентичность промежуточных и конечных товаров, а также услуг одной отрасли
Импортозамещение	Изменение коэффициентов прямых затрат в матрицах $A_{отеч}$ (как правило, увеличение) и $A_{имп}$ (как правило, уменьшение), а также корректировка вектора-столбца конечного спроса на импортную продукцию $Y_{имп}$	Отсутствие оперативно доступной отраслевой информации о технологических коэффициентах потенциальных импортозамещающих производств
Импортные шоки (сокращение импортных поставок без их замещения отечественными аналогами)	Один из путей – моделирование роста цен на дефицитный импортный ресурс посредством ценовой модели Леонтьева и переход к «количественной» модели Леонтьева посредством функции ценовой эластичности конечного спроса [3]: $Y_{отеч} = f(P_{отеч})$	Полноценное моделирование невозможно без наличия детализированной информации о технологической возможности замены импортных составляющих, эластичности спроса и т.п.
Критический импорт	Может моделироваться аналогично ситуации с импортными шоками	Отсутствие данных об уровне критичности импорта в таблицах «затраты – выпуск», отсутствие необходимой детализации потоков импортных товаров и услуг
«Серый» импорт	Моделирование на основе ценовой («обратной») модели Леонтьева: «серый» промежуточный импорт, поступающий в обход санкций, удорожает отечественную продукцию и уменьшает конечный спрос на нее ($Y_{отеч}$)	Удорожание «серого» импорта в разрезе товаров и услуг можно оценить лишь косвенно и очень приблизительно. Эластичность реакции конечного спроса на изменение цены, как правило, неизвестна и сложна для точной оценки
Капитальная импорттоемкость отечественных товаров	Моделирование на основе оценки матрицы коэффициентов импортных капитальных затрат в рамках динамической модели Леонтьева [4]	Необходимость получения грубых косвенных оценок ввиду отсутствия официальной статистической информации по капитальным вложениям в разрезе всех отраслей-потребителей

Из числа приведенных в таблице феноменов, связанных с импортом, рассмотрим более детально некоторые подходы к моделированию импортных шоков, т.е. ситуацию сокращения импортных поставок без их замещения отечественными аналогами.

Оценки полной импорттоемкости отечественных товаров и услуг в разрезе 10-отраслевой номенклатуры (см. рисунок), полученные по данным таблиц «затраты – выпуск» за 2020 г., показывают, что импортная составляющая в белорусской экономике достаточно велика².

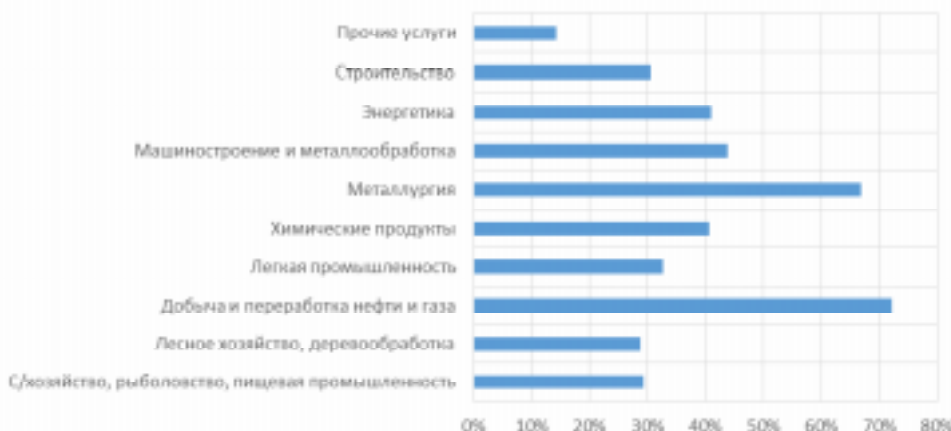


Рис 1. Оценки полной импорттоемкости конечных отечественных товаров и услуг в разрезе 10-отраслевой номенклатуры, полученные по данным таблиц «затраты – выпуск» за 2020 г.

² Решающая роль, безусловно, принадлежит стране происхождения импорта (см., например, [5]).

Попробуем изначально получить формализованную зависимость выпуска конечной продукции от объема доступного промежуточного импорта³, исходя из балансовых уравнений, указанных ранее.

Тогда, отталкиваясь от (4) и (3), можно переписать (2) следующим образом:

$$I = C \cdot Y_{отеч} + Y_{имп}. \quad (6)$$

Поскольку в ситуации ограничения по ресурсам именно импортные товары и услуги являются экзогенно задаваемым фактором, а выпуск конечной продукции для удовлетворения конечного спроса на отечественные товары – зависимой величиной, перепишем (6) следующим образом (при условии обратимости матрицы C):

$$Y_{отеч} = C^{-1} \cdot (I - Y_{имп}). \quad (7)$$

Поскольку $I - Y_{имп}$ по сути является промежуточным импортом, (7) можно переписать как:

$$Y_{отеч} = C^{-1} \cdot I_{пром}. \quad (8)$$

Теперь, меняя в теории значения доступного промежуточного импорта (по видам импортируемых товаров и услуг), можно найти максимально возможный объем производства отечественной конечной продукции для удовлетворения внутреннего и внешнего спроса. Однако на практике такая задача оказывается трудноразрешимой.

Например, если рассматривать матрицу C , сформированную по данным белорусских таблиц «затраты – выпуск» за 2020 г., то можно увидеть наличие в ней нулевых строк (например, по таким видам экономической деятельности, как «Продукция охоты и услуги в области охоты» или «Вода природная; услуги по очистке воды и водоснабжению»), которые показывают, что импортная промежуточная продукция по этим видам деятельности не используется в отечественном производстве, а также – нулевые столбцы (например, «Уголь каменный и уголь бурый» или «Металлические руды»), которые связаны с отсутствием отечественного выпуска соответствующей продукции. Как известно, матрица с нулевыми строками и/или столбцами является вырожденной и не имеет обратной матрицы, т.е. C^{-1} невозможно рассчитать.

Агрегирование исходных матриц $A_{отеч}$ и $A_{имп}$ и получение матрицы C меньшей размерности, но без нулевых строк и столбцов, – задача, решаемая на практике, однако, как показывает анализ⁴, в этом случае **число обусловленности матрицы полных импортных затрат настолько велико ($\gg 100$), что получаемые решения крайне неустойчивы, т.е. даже незначительные изменения начальных условий (технологической «рецептуры» производства и/или наличного объема импортных ресурсов) будут приводить к гигантским изменениям в прогнозируемом конечном выпуске ($Y_{отеч}$)**. Думается, можно сделать вывод о том, что подобные матрицы являются плохо обусловленными, а задача (8) относится к классу обратных и некорректных⁵.

Отметим при этом серьезный диссонанс с тем, что получение обратных матриц Леонтьева вида $(E - A_{отеч})^{-1}$ дает вполне устойчивый результат. Как еще в 1953 г. отмечал сам Леонтьев, «...как экономист, я не удивлен, что обратные эмпирические матрицы «затраты – выпуск» оказались очень устойчивыми. Экономика ... действительно функционирует как большая вычислительная машина, постоянно вырабатывающая решение тех проблем, которые сама же и ставит» [8, с. 68]. Однако подобное, похоже, абсолютно не характерно для матриц, описывающих импортные потоки, что, по всей видимости, экономически можно интерпретировать как слабую (неоднозначную) обусловленность состояний экономической системы со стороны импортируемых ресурсов, наличие разных вариантов реализации этих состояний.

³ В статье не рассматривается подход, основанный на матрице Гоша (Supply-driven Input-Output Analysis) [6, 7], хотя он является традиционным для литературы по «затратам – выпуску». С нашей же точки зрения, допущение о том, что структура продаж является фиксированной, существенно снижает его ценность.

⁴ Авторы исследовали формальные свойства таких матриц для Беларуси и для всех 66 стран, по которым доступны таблицы «затраты – выпуск» в рамках данных ICIO OECD.

⁵ О такого класса задачах см., например, [10].

Еще Адамар выдвинул утверждение, что некорректные задачи не имеют физического смысла, т.е. или эта задача является искусственной (надуманной), или она описана математически неадекватно; между тем в процессе работы со статистическими данными часто требуется найти «решение» системы, которая решений (в обычном смысле) не имеет. Выходом из ситуации является нахождение таких значений неизвестных параметров, что все условия системы выполняются «в некоторой степени» [9]. Решения таких задач специальными методами (например, посредством регуляризации Тихонова) отмечает уникальность и устойчивость, однако их практическая ценность, например, для прогнозирования, по всей видимости, низкая. Возможно, исследование абстрактных формальных свойств экономики – единственная область их применения.

Рассмотрим в качестве иллюстрации решение такой некорректной для Республики Беларусь задачи по данным таблиц «затраты – выпуск» 2020 г. В этом случае уравнение Тихонова можно записать следующим образом⁶:

$$\tilde{Y}_{омеч} = (\alpha E + C^T C)^{-1} C^T \cdot I_{пром}, \quad (9)$$

где $\tilde{Y}_{омеч}$ – приближенное решение для $Y_{омеч}$; α – параметр регуляризации (скалярная величина); C^T – транспонированная матрица C .

Расчеты показывают, что при $\alpha = 0,01$ относительная невязка $\|Y_{омеч} - \tilde{Y}_{омеч}\| / \|Y_{омеч}\|$, т.е. отклонение приближенного решения от фактического, при прочих равных, составляет 3,6%, а при $\alpha = 0,018$ – 9,7%. Расчетная матрица $(\alpha E + C^T C)^{-1} C^T$ для $\alpha = 0,018$ полностью приведена в табл. 2.

Таблица 2

Расчетная обратная матрица полных импортных затрат, полученная методом регуляризации Тихонова для $\alpha = 0,018$

Отечественные отрасли-потребители	Зарубежные отрасли-поставщики									
	С/х, рыболовство, пищевая промышленность	Лесное хозяйство, деревообработка	Добыча и переработка нефти и газа	Легкая промышленность	Химические продукты	Металлургия	Машиностроение и металлообработка	Энергетика	Строительство	Прочие услуги
Сельское хозяйство, рыболовство, пищевая промышленность	8,61	0,52	0,01	-0,60	-0,25	0,31	-0,09	-0,28	0,71	-1,44
Лесное хозяйство, деревообработка	-1,08	15,06	-0,01	-0,51	0,07	-0,12	-0,05	0,17	-2,05	-1,33
Добыча и переработка нефти и газа	0,35	0,26	1,24	0,14	-0,25	4,53	-2,49	-5,80	-1,51	-2,31
Легкая промышленность	0,07	-0,98	0,00	4,88	-0,02	0,03	-0,03	-0,03	-0,02	-0,04
Химические продукты	-1,26	-4,24	-0,01	-0,35	4,47	-0,37	-0,26	0,38	-1,31	-2,27
Металлургия	0,12	0,01	-0,02	0,01	0,05	2,14	-1,29	1,92	-0,76	0,02
Машиностроение и металлообработка	0,02	-0,81	0,01	0,04	0,22	0,49	4,73	-0,56	-4,33	-3,33
Энергетика	-0,91	-1,29	0,43	-0,21	-0,64	-9,86	5,39	11,52	2,12	2,36
Строительство	-1,10	-0,46	-0,05	-0,08	-1,16	3,66	-2,52	-5,03	18,61	5,94
Прочие услуги	-2,56	-4,72	-0,32	-1,10	-0,44	-4,48	1,07	3,72	-10,50	21,98
Сумма	2,25	3,36	1,29	2,24	2,06	-3,67	4,47	6,00	0,96	19,58

⁶ См. формулу (3.6) для общего случая в [1, с. 45].

Очевидно, многие элементы матрицы являются отрицательными. Для ячейки ij это означает, что при сокращении поставок соответствующей j -й категории импортных товаров и услуг выпуск i -й конечной продукции отечественного производства в итоге вырастет. Подобное следует интерпретировать следующим образом: непропорциональное уменьшение импортных комплектующих (запчастей, материалов и т.п.) изначально приводит к уменьшению тех отечественных товаров и услуг, которые прямо и косвенно (через межотраслевые связи) в наибольшей мере содержат в своем составе эти импортные составляющие; в свою очередь уменьшение выпуска отечественной продукции снижает потребность в других отечественных компонентах и иных категориях импорта, а в результате происходит экономия как импортных, так и отечественных промежуточных товаров и услуг, поэтому выпуск в иных отраслях может (потенциально) вырасти.

Вряд ли все это вкуче с достаточно большой погрешностью (см. выше размер относительной невязки) может считаться допустимым для использования в прикладных расчетах аналитического или прогностического характера. Вероятно, следует искать иные подходы к моделированию зависимости макроэкономических показателей от наличия импортных поставок. И такой подход, по всей видимости, должен выходить за пределы классического инструментария и данных таблиц «затраты – выпуск». Рассмотрим поэтому некоторые необходимые и важные для моделирования моменты.

Реакцию экономики на внезапное ограничение импорта зарубежных товаров и услуг предлагается рассматривать во временной перспективе, т.е. с учетом того периода времени, который пройдет от момента введения ограничений до ответных действий, которые предпримут экономические субъекты. При этом, как представляется:

1) в мгновенном периоде производители будут использовать имеющиеся запасы импортных товаров для промежуточного потребления в процессе производства и в случае их исчерпания будут вынуждены остановить производство в принципе. Подобное будет наблюдаться по всей длине межотраслевой технологической цепочки: остановка на более ранних стадиях может повлечь остановку на более поздних. Критическими факторами станет наличие запасов импортных и отечественных промежуточных товаров в технологической цепочке. В части конечного импорта потребительских товаров в зависимости от уровня запасов начнет проявляться дефицит, а ограничения по товарам инвестиционного характера, скорее всего, приведут к остановке тех или иных инвестиционных проектов;

2) в краткосрочном периоде будет наблюдаться изменение цен на промежуточные импортные товары и услуги, а также поиск альтернативных поставок и импортозамещения;

3) в среднесрочном периоде произойдет постепенная переориентации технологических процессов на импортные товары-аналоги из так называемых дружественных стран, активное развитие «серого» импорта и процессов импортозамещения;

4) в долгосрочном периоде следует ожидать все большего появления импортозамещающих производств и полной переориентации технологических процессов на импортные товары-аналоги из дружественных стран.

Важно также отметить, что в случае возникновения дефицита импортных товаров и услуг, особенно в самые ранние периоды, возможны различные схемы их распределения между отраслями и производствами: вариант 1 – равномерное распределение ограниченных импортных товаров и услуг между отечественными отраслями; вариант 2 – распределение по приоритетам: важным отраслям – по потребностям, всем другим отраслям – по остаточному принципу; вариант 3 – распределение на основе оптимизации целевой функции (сумма валовой добавленной стоимости, суммарный выпуск и т.п.); вариант 4 – рыночное распределение на основе механизма спроса и предложения с учетом корректировки цен и объемов.

Представляется, что продолжение исследований в области моделирования шоков импорта и иных связанных с импортными потоками феноменов является весьма актуальной и важной задачей. По нашему мнению, методология «затраты – выпуск» остается важным инструментом для решения такой задачи, что вместе с тем требует дополнения, прежде всего, со стороны данных «за пределами» стандартных таблиц межотраслевого баланса.

Литература

1. Пархименко, В.А. Некоторые структурные характеристики экономики ЕАЭС: анализ межстрановых таблиц «Затраты – выпуск» // *Белорусский экономический журнал*. – 2022. – №3. – С. 25–36.
2. Быков, А.А., Пархименко, В.А., Толкачев, С.А. Влияние COVID-19 на российскую экономику: методологические подходы к оценке на основе межотраслевого баланса // *Белорусский экономический журнал*. – 2020. – №2. – С. 25–37.
3. Быков, А.А., Демиров, В.В., Пархименко, В.А., Хаустович, Н.А. Реакция рыночной экономики на дефицит ресурсов: моделирование на примере поставок природного газа в Германию // *Финансы, учет, аудит*. – 2022. – № 11. – С. 33–36.
4. Пархименко, В.А. Опыт экспериментальной оценки матрицы коэффициентов импортных капитальных затрат в динамической модели Леонтьева для белорусской экономики в 2016–2020 годах // *Проблемы прогнозирования*. – 2023. – № 4 (199). – С. 168–180. DOI: 10.47711/0868-6351-199-168-180.
5. Быков, А.А., Пархименко, В.А. Импортозамещение в белорусской промышленности: потенциал, эффективность, моделирование // *Белорусский экономический журнал*. – 2022. – №1. – С. 79–96.
6. Ghosh, A. 1958. Input-Output Approach to an Allocative System. *Economica*, 25(97), 58–64. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://doi.org/10.2307/2550694>.
7. Kim, D. Measuring the Impact of a Trade Dispute with a Supply-side Shock Using a Supply-driven Input-Output Analysis: Korea-Japan Dispute Case. *IKDI Journal of Economic Policy*. 2021 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://doi.org/10.23895/KDIJEP.2021.43.1.29>. Feb 27;43(1):29-52.
8. Леонтьев, В.В. Экономические эссе : Теории, исслед., факты и политика. – М. : Политиздат, 1990. – 414 с.
9. Ловецкий, К.П., Севастьянов, Л.А., Ланеев, Е.Б. Регулярные методы и алгоритмы расчета обратных задач в моделях оптических структур: учебн. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 155 с.
10. Кабанихин, С.И. Обратные и некорректные задачи. – Новосибирск : ФГУП «Издательство СО РАН». – 2018. – 512 стр.