

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

<https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-3-4>

УДК 338.435 (631.1): 519.7

А. О. Алексеев ^{а)}, А. И. Коваленко ^{б)}, А. Г. Светлаков ^{в)}^{а)} Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Российская Федерация^{б, в)} Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Российская Федерация^{а)} <https://orcid.org/0000-0001-5033-6694>^{б)} <https://orcid.org/0000-0002-3614-1417>, kovalenkoloko@yandex.ru^{в)} <https://orcid.org/0000-0002-2321-0284>

Методический инструментарий оценки уязвимости участников регионального продовольственного рынка¹

Отсутствие единого методического подхода к оценке уровня уязвимости организаций агропромышленного комплекса, с помощью которого можно было бы исследовать их уязвимость в условиях изменения факторов внутреннего и внешнего окружения и, в конечном счете, определить состояние уязвимости регионального продовольственного рынка в целом, являлось одной из проблем исследования региональных продовольственных рынков. Цель настоящего исследования — устранение этой проблемы и разработка адаптируемого методического инструментария оценки уровня уязвимости организаций, осуществляющих производство, переработку и реализацию сельскохозяйственной продукции на региональном продовольственном рынке. В качестве математических методов, используемых для разработки методического инструментария, выбраны иерархические механизмы комплексного оценивания. Данные механизмы позволяют агрегировать множество показателей деятельности агропромышленных организаций в единственную комплексную оценку уязвимости. В статье рассматривается пример рынка алкогольной продукции, поскольку, с одной стороны, данный сегмент продовольственного рынка представлен небольшим числом производителей алкогольной продукции, с другой стороны, эти организации, как правило, являются крупнейшими налогоплательщиками среди организаций агропромышленного комплекса, особенно в регионах зоны рискованного земледелия. В качестве демонстрационного примера показано, как в результате пандемии COVID-19 изменилась уязвимость АО «Пермалко», являющегося крупным российским производителем алкогольной продукции, обеспечивающим потребности локального рынка Пермского края и экспортирующего продукцию во многие российские регионы, ближнее и дальнее зарубежье. Основным результатом исследования является новый методический инструментарий, представленный совокупностью математических формул, в которых переменные определены авторами настоящего исследования. Предлагаемый подход к оценке уровня уязвимости является универсальным и может быть адаптирован для любых организаций аграрной сферы экономики путем идентификации параметров математической модели. Предложенный методический инструментарий имеет компьютерную реализацию в программе *dekon*, являющейся веб-приложением. Облачный сервис обеспечит единый доступ ко всем организациям агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: экономика АПК, региональные продовольственные рынки, перерабатывающая промышленность, алкогольная промышленность, имущественные интересы, уязвимость организаций, критерии уязвимости, показатели уязвимости, интегральный показатель, комплексное оценивание

Для цитирования: Алексеев А. О., Коваленко А. И., Светлаков А. Г. Методический инструментарий оценки уязвимости участников регионального продовольственного рынка // Экономика региона. 2021. Т. 17, вып. 3. С. 769-783. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-3-4>.

¹ © Алексеев А. О., Коваленко А. И., Светлаков А. Г. Текст. 2021.

RESEARCH ARTICLE

Aleksandr O. Alekseev ^{a)}, Aleksandr I. Kovalenko ^{b)}, Andrei G. Svetlakov ^{c)}^{a)} Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation^{b, c)} Perm State Agro-Technological University, Perm, Russian Federation^{a)} <https://orcid.org/0000-0001-5033-6694>^{b)} <https://orcid.org/0000-0002-3614-1417>, kovalenkoloko@yandex.ru^{c)} <https://orcid.org/0000-0002-2321-0284>**Methodology for Assessing the Vulnerability of Participants in Regional Food Markets**

The vulnerability of regional food markets is difficult to study due to the lack of a unified approach to analysing the weaknesses of agricultural enterprises, which is necessary for investigating their response to external and internal changes. The study aims to solve this problem by developing an adaptable method for assessing the vulnerability of organisations that produce, process and sell agricultural products in regional food markets. For this purpose, we applied hierarchical mechanisms of integrated assessment for combining various indicators of agricultural enterprises into a single vulnerability score. The present research examines the alcohol market: while this particular sector is represented by a small number of producers, these organisations are usually the largest taxpayers in the agri-food industry, especially in areas of risky farming. As an example, we show how the vulnerability of Permalko JSC (a large producer of alcoholic beverages) has changed because of the COVID-19 pandemic. This company not only satisfies the needs of Perm oblast's market, but also exports its production to many Russian regions, as well as to near and far abroad. As a result, we propose a new methodology, represented by a set of mathematical formulas, and define its variables. This versatile approach to vulnerability assessment can be adapted for any agri-food enterprise by specifying the parameters. The model is implemented in the dekon software package, which is a web application. The cloud service will provide unified access to all agricultural enterprises.

Keywords: agricultural economics, regional food markets, processing industry, alcohol industry, property interests, vulnerability of organisations, vulnerability criteria, determinants of vulnerability, integrated index, integrated assessment

For citation: Alekseev, A. O., Kovalenko, A. I. & Svetlakov, A. G. (2021). Methodology for Assessing the Vulnerability of Participants in Regional Food Markets. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 17(3), 769-783, <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-3-4>.

Введение

Региональные продуктовые рынки и рынки сельскохозяйственной продукции являются объектом исследований многих ученых, в частности, актуальным направлением исследований являются вопросы защиты имущественных интересов организаций агропромышленного комплекса (АПК) и их уязвимости в условиях изменений во внешнем окружении и внутренних факторов [1–4].

В настоящей работе в качестве демонстрационного примера рассматривается рынок алкогольной продукции Пермского края, который состоит из двух крупных производителей водки, ликероводочных изделий и коньяка: АО «Бастион Осн. 1942 г.» (Уралалко) и АО «Пермалко», шести крупных оптовых компаний и множества частных торговых точек, включая федеральные сети продовольственных магазинов.

Производителями алкогольной продукции являются крупные организации, представленные небольшим числом. Очевидно, что крах любой организации, производящей алко-

гольную продукцию, существенно скажется как на местном продовольственном рынке, так и рынках, куда производимая продукция экспортируется. Однако в настоящее время отсутствует единый методический подход к оценке уровня уязвимости организаций агропромышленного комплекса, с помощью которого можно было бы исследовать их уязвимость в условиях изменения факторов внутреннего и внешнего окружения и, в конечном счете, определить состояние уязвимости регионального продовольственного рынка в целом. Это определяет необходимость рассмотрения теоретических положений исследования региональных продовольственных рынков и оценки уязвимости их участников.

Теория

Исследования продовольственных рынков осуществляют как на макроэкономическом [5], так и на микроэкономическом [6] уровне. В первом случае продовольственный рынок исследуют с учетом региональных [4, 5] и отраслевых [3, 7] аспектов, а также в разрезе от-

дельных административных территорий [2, 8]. На микроэкономическом уровне, как правило, рассматривается деятельность отдельных хозяйствующих субъектов, осуществляющих производство и переработку сельскохозяйственной продукции, включая ее реализацию. Совокупность организаций АПК, осуществляющих деятельность в регионе, а также импортеров продовольственных товаров можно рассматривать как часть регионального продовольственного рынка.

Начиная с последнего десятилетия XX в., благодаря развитию вычислительной техники, активно развивается агентное моделирование (агент-ориентированное моделирование, от англ. *agent-based modelling* [9]), являющееся одним из подходов к имитационному моделированию социально-экономических систем. Данный подход основан на имитации поведения отдельных агентов, взаимодействие которых определяет функционирование всей системы в целом. Целью агентного моделирования, как правило, является установление степени влияния отдельных агентов, действующих на микроуровне в индивидуальных целях, на макро-уровневые показатели исследуемой системы.

Так, в работе [7] приведены результаты предварительных исследований в области кооперации индустриальных парков и агропромышленных предприятий в одной из провинций Франции в контексте промышленной устойчивости на региональном уровне. В работе [8] с помощью агентного моделирования исследовалось, как социальные взаимодействия между различными участниками рынка привели к изменениям в цепочках поставок продуктов питания в Нидерландах. Популярность агентного моделирования объясняется тем, что данный подход позволяет исследовать поведение не только производителей и потребителей, но и всех участников экономических и иных отношений. Другими словами, данный подход можно применять для всестороннего изучения продовольственных региональных рынков.

Авторы настоящего исследования в предположении, что уязвимость отдельных организаций АПК определяет уязвимость регионального продовольственного рынка в целом, преследуют цель основываясь на методологии агентного моделирования разработать единый методический инструмент оценки уровня уязвимости российских организаций АПК в условиях изменения факторов их внутреннего и внешнего окружения, который можно будет использовать для оценки уязвимости всех

хозяйствующих субъектов, осуществляющих производство, переработку и реализацию сельскохозяйственной продукции на региональном рынке.

Выбранный подход — более трудоемкий, чем информационный, рассматривающий региональные рынки как совокупность наборов объясняемых и объясняющих данных. Результаты исследований, полученные на основе обработки ретроспективной информации, не могут учесть возможных событий, с которыми мир еще не сталкивался, например, пандемии новой вирусной инфекции COVID-19. Более того, результаты исследований, полученные на основе анализа одного региона, не всегда могут быть применены к другим регионам без дополнительных исследований. Поэтому авторы считают выбор агентного подхода к исследованию уязвимости агропромышленных организаций на микроэкономическом уровне вполне оправданным.

Данные и методы

Исследуя региональные продовольственные рынки и деятельность организаций АПК, в частности, организаций, производящих алкогольную продукцию, авторы [10] выделили детерминанты (показатели) уязвимости (табл. 1).

Важно отметить, что некоторые приведенные в таблице показатели неформализуемы количественно (например, такой показатель, как качество сырья), а количественные показатели имеют различные единицы измерения. Это обстоятельство наряду с числом выбранных показателей усложняет применение методов количественного анализа данных, разработанных в рамках математической статистики, в том числе методов непараметрической статистики. В дополнение к этому следует учесть, что сотрудники организаций, непосредственно выполняющие переработку сырья и технологические операции по производству передельной или готовой продукции, как правило, стремятся скрывать проблемы от руководства, а руководство организаций, в свою очередь, также стремится не подвергать публичному оглашению факты, свидетельствующие об уязвимости их имущественных интересов. Совокупность этих ограничений определила необходимость применения методов, позволяющих работать с существенно малыми прецедентами и учитывать экспертные знания.

К методам, эффективно работающим с ограниченными обучающими выборками, можно отнести методы системно-когнитивного анализа, основанные на теории инфор-

Детерминанты уязвимости организаций АПК

Determinants of vulnerability of agricultural enterprises

Показатель	Обозначение	Признак уязвимости	Укрупненный критерий
Количество с/х сырья	$x_{кс}$	Недостаточное количество с/х сырья	Сельскохозяйственное сырье
Условия хранения с/х сырья	$x_{хс}$	Отсутствие условий для хранения с/х сырья	
Качество с/х сырья	$x_{кчс}$	Недостаточное качество с/х сырья	
Подготовка с/х сырья к производству	$x_{пс}$	С/х сырье не готово к производству	
Количество материалов	$x_{км}$	Недостаточное количество материалов	Материалы
Условия хранения материалов	$x_{хм}$	Отсутствуют условия для хранения материалов	
Качество материалов	$x_{кчм}$	Недостаточное качество материалов	
Подготовка материалов к производству	$x_{пм}$	Материалы не готовы к производству	
Готовность оборудования	$x_{го}$	Оборудование неподготовлено	Оборудование
Физический износ оборудования	$x_{фи}$	Оборудование изношено	
Моральный износ оборудования	$x_{ми}$	Оборудование нетехнологично	
Количество персонала	$x_{кп}$	Недостаточное количество персонала	Персонал
Профессиональное соответствие	$x_{псп}$	Несоответствие образования и навыков занимаемой должности	
Ликвидные активы	$x_{ла}$	Отсутствие или малое количество ликвидных активов	Активы
Неликвидные активы	$x_{на}$	Большое количество неликвидных активов	
Заемные средства	$x_{зс}$	Большое количество заемных средств	Заемные средства
Способность осуществить доставку	$x_{дс}$	Недостаточно средств для транспортировки сырья и материалов, а также готовой продукции	Логистика
Стоимость доставки	$x_{сд}$	Высокая стоимость доставки на единицу продукции	
Время доставки	$x_{вд}$	Долгий период доставки	
Качество доставки	$x_{вчд}$	Высокие потери готовой продукции при поставке, например «бой»	
Каналы сбыта	$x_{ксіб}$	Отсутствие каналов сбыта	Сбыт (продуктовый рынок)
Надежность каналов сбыта	$x_{нсб}$	Невозвратная дебиторская задолженность	
Импорт продукции	$x_{смп}$	Высокая доля импорта продовольственной продукции в регион	
Наличие регламентов	$x_{р}$	Отсутствие регламентов	Нормативное регулирование
Актуальность	$x_{ар}$	Неактуальные регламенты	
Применение	$x_{пр}$	Неверно применяемые или не применяемые регламенты	
Управленческие решения	$x_{ур}$	Низкий уровень решений, неспособность принять решение	Администрирование
Средства для развития организации	$x_{ср}$	Отсутствие средств для развития организации	

мации и разработанные без привязки к какой-либо предметной области. При этом известен успешный опыт применения этих методов при исследовании сельскохозяйственных организаций [11]. К методам, позволяющим учитывать экспертные знания, можно отнести метод важности критериев [12], квалиметрию [13], метод анализа иерархий [14] и другие. Теория нечетких множеств сочетает в себе описанные выше свойства, поскольку при недостаточном числе исходных статистических данных исследователи используют экспертные знания для уточнения вида функций принадлежности, на основе которых строятся нечеткие операторы вывода [15], позволяющие описывать причинно-следственные и системные связи [16].

Несмотря на многообразие существующих методов, способных описать связь между детерминантами уязвимости организации и ее состоянием, авторами для разработки методического инструментария оценки уязвимости организаций АПК предлагается использовать иерархические механизмы комплексного оценивания (МКО) [17], активно используемые в прикладных исследованиях, где требуется агрегировать набор частных критериев до одного или нескольких показателей. О необходимости агрегирования показателей безопасности, в частности, говорится в исследовании [18].

Для обеспечения возможности оперативного реагирования со стороны руководства организаций на возникновение факторов уязвимости необходимо, чтобы результаты комплексного оценивания были чувствительны к малым изменениям частных критериев, то есть требуется обеспечить непрерывность процедуры комплексного оценивания.

Помимо непрерывных процедур комплексного оценивания известны нечеткие [19]. Значимость того, что предлагаемые авторами методы дают возможность применять аппарат теории нечетких множеств, объясняется тем, что некоторые факторы, определяющие уязвимость организаций АПК, являются качественными. Соответственно, предлагаемый подход может использоваться для агрегирования всех показателей (табл.) в единую комплексную оценку уровня уязвимости организаций АПК в целом. Более того, иерархические МКО могут строиться путем идентификации их параметров на основе прецедентов, образующих обучающие наборы [20]. С целью компактной записи МКО предлагается использовать матрично-векторное представление МКО, пред-

ложенное в [20]. В [20] такое представление называют унитарным кодированием (в англоязычной литературе — *one-hot coding* [21]). В настоящей работе использованы принятые в [22] обозначения, то есть под вектором будет пониматься вектор-столбец, векторное умножение осуществляется справа налево.

Еще одним преимуществом выбранного подхода является то, что для объектов, описываемых с помощью МКО, удастся решать задачу управления в постановке поиска набора значений частных критериев при обеспечении заданного уровня комплексного показателя и минимальной стоимости управленческих воздействий [22]. Другими словами, построив модель оценки уязвимости организаций АПК, удастся не только выполнить анализ уязвимости отдельных организаций, но и найти методы их защиты. Объединяя усилия по защите различных организаций АПК, осуществляющих производство, переработку и реализацию продовольственной продукции в регионе, можно будет добиться защиты регионального продовольственного рынка в целом.

Сказанное выше позволяет авторам считать, что предложенные методы обладают необходимыми и достаточными свойствами для разработки методического инструментария оценки уязвимости отдельных агропромышленных организаций и регионального продовольственного рынка в целом.

Как отмечено во введении, в качестве демонстрационного примера были выбраны организации перерабатывающей алкогольной промышленности. Данный выбор обусловлен, прежде всего, тем, что данный сегмент продовольственного рынка представляется, как правило, небольшим числом крупных организаций. Более того, организации, производящие алкогольную продукцию, являются одними из крупнейших налогоплательщиков среди организаций АПК, особенно в регионах с рискованным земледелием. Так, в 2019 г., согласно налоговой отчетности¹ АО «Бастион Осн. 1942 г.» и АО «Пермалко», уплатили более 7 млрд руб. акцизных сборов: 4 514 млн руб. и 2 685 млн руб. соответственно².

¹ Для проверки данных использовался сервис ФНС России «Прозрачный бизнес», доступный на сайте (<https://pb.nalog.ru/index>), где необходимо ввести ИНН исследуемых организаций. В настоящем исследовании: АО «Бастион Осн. 1942 г.» — 5904101820, АО «Пермалко» — 5902181202;

² Необходимо отметить, что согласно п. 5 ст. 2 Федерального закона «О федеральном бюджете на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов» от 08.12.2020 № 385-ФЗ акция уплачивается в специальный совместный бюджет ре-

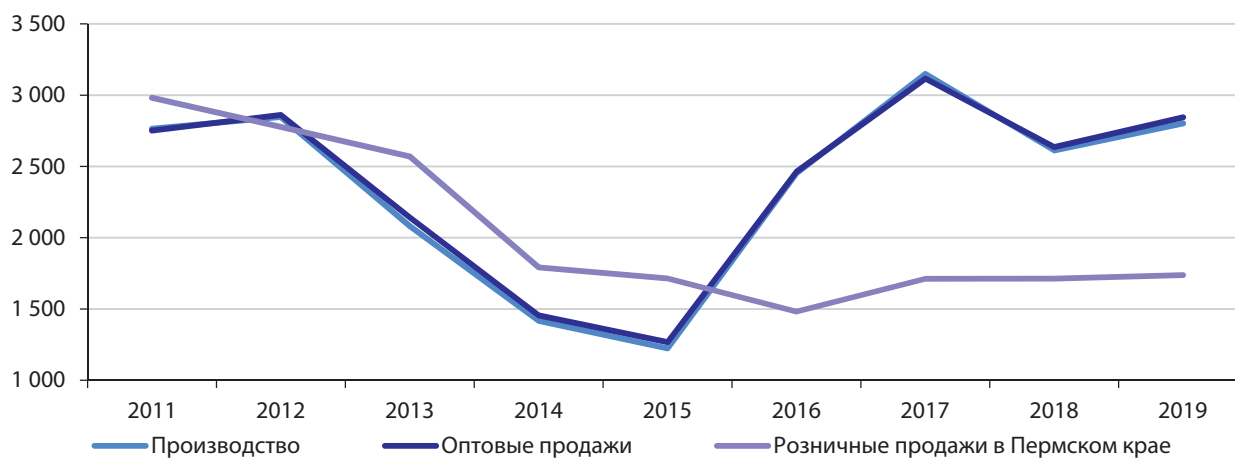


Рис. 1. Динамика развития рынка водки и ЛВИ Пермского края, тыс. дал
Fig. 1. Development dynamics of the market of vodka and alcoholic beverages in Perm oblast, thous. dal

Согласно данным статистических сборников¹, доля пермских производителей на российском рынке водки и ликероводочных изделий составляет около 3 %, при этом темпы роста производства в Пермском крае находятся на общероссийском уровне, в то время как спрос на алкогольную продукцию с 2015 г. примерно в 2 раза ниже объемов производства (рис. 1).

Исходя из анализа динамики развития рынка водки и ликероводочных изделий в Пермском крае, можно утверждать, что местные производители до 2016 г. не могли обеспечить потребности регионального населения (объем производства и продаж был ниже объема потребления), недостаток замещался ввозимой из других регионов России продукцией. Уровень потребления с 2011 г. снижался и установился примерно на одном уровне, начиная с 2014 г. (рис. 1). С 2015 г. виден значительный рост производства алкогольной продукции (рис. 1), что позволяет не только обеспечить потребности населения Пермского края, но и осуществлять поставки в другие регионы России и в зарубежные страны.

Объем производства коньяка в Пермском крае растет с 2011 г. (рис. 2). Также растет доля пермского производителя на общероссийском

рынке коньяка. С 2011 г. объем производства вырос с 275,8 тыс. дал до почти 1,1 млн дал коньяка. Таким образом, за исследуемый период объем производства и доля производства коньяка в Пермском крае на российском рынке выросли более чем в 3 раза.

Общероссийский объем производства за исследуемый период вырос примерно на 10 % с 8,3 млн дал коньяка до 9,2 млн дал. В связи с чем можно утверждать, что доля пермских производителей на рынке коньяка в России значительна, и они постоянно расширяют свое участие.

Кроме производимых водки, ликероводочных изделий и коньяка, в Пермском крае потребляются другие виды алкогольной продукции. Это слабоалкогольные напитки с содержанием спирта не более 9 %, винодельческая продукция (вина виноградные, ликерные, фруктовые, игристые, шампанские и другие винные напитки), сидр, пуаре, медовуха, пиво и пивные напитки.

Приведенные выше сведения прямо свидетельствуют об обеспеченности пермского продовольственного рынка алкогольной продукцией, производимой региональными организациями перерабатывающей алкогольной промышленности. Однако возникает вопрос, насколько уязвимы производители алкогольной продукции в условиях изменения факторов внутреннего и внешнего окружения.

В качестве апробации разработанного методического инструментария рассмотрен вопрос изменения уровня уязвимости АО «Пермалко» в условиях пандемии новой вирусной инфекции COVID-19. АО «Пермалко» является крупным российским производителем алкогольной продукции, обеспечивающим потребности как локального рынка Пермского

гионов, пополняемый от акцизов. Распределение этого бюджета происходит пропорционально розничным продажам алкогольной продукции в каждом отдельном регионе. Поэтому сумма уплаты акцизов отдельных организаций, производящих алкогольную продукцию, в настоящее время влияет на пополнение бюджета всех субъектов Федерации, в которых представлена их продукция на региональных рынках.

¹ Статистическая информация Федеральной службы по регулированию алкогольного рынка. URL: <https://fsrar.gov.ru/industry/1261678438828> (дата обращения 19.03.2021).

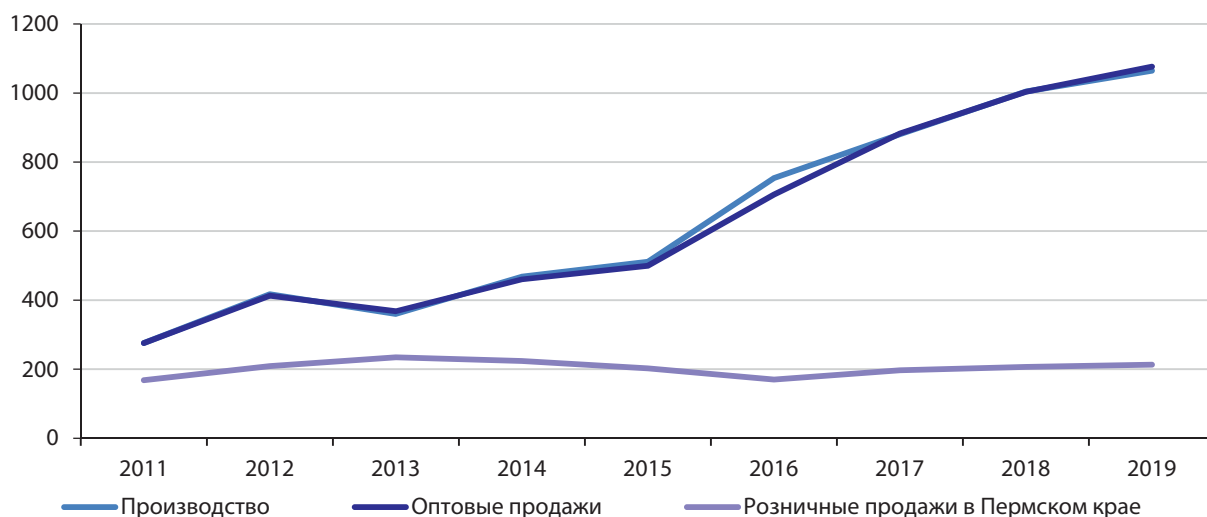


Рис. 2. Динамика развития рынка коньяка Пермского края, тыс. дал
 Fig. 2. Development dynamics of the cognac market in Perm oblast, thous. dal

края, так и экспортирующего продукцию во многие российские регионы, а также ближе и дальше зарубежье.

Модель и результаты

Методический инструментарий оценки уязвимости организаций, производящих алкогольную продукцию, разработан в виде иерархического механизма комплексного оценивания (1):

$$\langle \{X_i\}; G; M; P \rangle, \quad (1)$$

где $\{X_i\}$ — множество значений частных критериев уязвимости, каждому значению критерия соответствует значение показателя уязвимости (табл. 1); i — порядковый номер критерия; $i = 1, 28$, G — граф, описывающий последовательность свертки частных критериев; M — множество бинарных матриц свертки, описывающих правила агрегирования отдельных пар критериев; P — процедура комплексного оценивания пары критериев.

Компьютерная реализация модели (1) выполнена в программе «Бизнес-декон»¹, разработанной сотрудниками Пермского национального исследовательского политехнического университета и Пермского государственного аграрно-технологического университета.

Шкалы комплексного оценивания (критериальные шкалы), как правило, полагаются возрастающими, то есть чем больше значение критерия, тем ситуация лучше, в настоящем исследовании — организация является менее уязвимой к изменению внешних и внутренних

факторов. Авторами предлагается использовать трехбалльные шкалы $X_i \in \mathbf{D} = \{1, 2, 3\}$, дискретные значения которых имеют следующую интерпретацию: 1 — организация уязвима, 2 — организация частично уязвима, 3 — организация не уязвима, либо последствия имеют приемлемый уровень.

Положение организации может выражаться в прямо пропорциональной и обратно пропорциональной зависимости от детерминантов (показателей) уязвимости. В общем случае вид функций приведения может быть любым, в настоящем исследовании рассмотрим линейные функции. В таком случае факторы, оказывающее прямо пропорциональное влияние на уязвимость организации, будут приводиться к критериальной шкале с помощью формулы (2):

$$X_i = 2 (x_i - x_{i_{\max}}) / (x_{i_{\text{norm}}} - x_{i_{\max}}) + 1, \\ x_i \in [x_{i_{\text{norm}}}; x_{i_{\max}}], X_i \in [1; 3], \quad (2)$$

где $x_{i_{\text{norm}}}$ — нормативное или эталонное значение i -го показателя, при котором будем считать, что организация функционирует нормально и не уязвима; x_i — текущее значение i -го показателя; $x_{i_{\max}}$ — предельно допустимое значение приводимого показателя, при превышении которого может быть нанесен критический ущерб имущественным интересам организации, то есть она является уязвимой.

Факторы же, оказывающее обратно пропорциональное влияние на уязвимость организации, будут приводиться к критериальной шкале с помощью формулы (3):

$$X_i = 2 (x_i - x_{i_{\min}}) / (x_{i_{\text{norm}}} - x_{i_{\min}}) + 1, \\ x_i \in [x_{i_{\min}}; x_{i_{\text{norm}}}], X_i \in [1; 3], \quad (3)$$

¹ Бизнес-декон [веб-приложение]. URL: <http://dekon.psa.ru> режим доступа: авторизованный (авторы: Харитонов В. А., Алексеев А. О., Белых А. А., Шайдулин Р.Ф., Мелехин М. И.)

где $x_{i\min}$ — минимально допустимое значение показателя, ниже которого считаем, что организация уязвима и может быть нанесен критический ущерб имущественным интересам организации.

Граф G из-за значительного числа учитываемых показателей (табл.) целесообразно представить объединением нескольких подграфов. Рассмотрим пример подграфа, описывающего последовательность агрегирования показателей уязвимости оборудования: x_r (готовность оборудования), $x_{\text{фи}}$ (физический) и $x_{\text{ми}}$ (моральный) износы. Физический и моральный износы имеют общую природу, поэтому их целесообразно свернуть вместе, а затем свернуть с критерием «готовность оборудования». Это определяет вид дерева критериев (рис. 3).

Обобщение физического и морального износов называется износом и устареванием, его значение определяется с помощью матрицы свертки уровня I (здесь и далее — римские цифры означают уровень иерархии в подграфе) и процедуры комплексного оценивания P , которая согласно [20] записывается так:

$$\tilde{X}_{\text{и\&y}} = \tilde{X}_{\text{фи}}^T \cdot \tilde{M}_{\text{yoI}} \cdot \tilde{X}_{\text{ми}}, \quad (4)$$

где символ « $\tilde{\cdot}$ » означает унитарное кодирование, векторное умножение осуществляется справа налево согласно [20]; $\tilde{X}_{\text{ми}}$, $\tilde{X}_{\text{фи}}$ — приведенные с помощью формулы (2) в критериальное пространство значения показателей $x_{\text{ми}}$ (моральный износ) и $x_{\text{фи}}$ (физический износ) соответственно; $\tilde{X}_{\text{и\&y}}$ — вектор в унитарном кодировании, соответствующий обобщенному критерию «износы и устаревания»; \tilde{M}_{yoI} — матрица свертки критериев $\tilde{X}_{\text{ми}}$, $\tilde{X}_{\text{фи}}$, где каждый элемент матрицы представлен в виде унитарного вектора.

Аналогичная формула строится для следующего уровня дерева критериев (рис. 3):

$$\tilde{X}_{\text{yo}} = \tilde{X}_{\text{го}}^T \cdot \tilde{M}_{\text{yoII}} \cdot \tilde{X}_{\text{и\&y}}, \quad (5)$$

где \tilde{X}_{yo} — укрупненный критерий «уязвимость оборудования» (yo — аббревиатура названия укрупненного критерия); $\tilde{X}_{\text{го}}$ — приведенное с помощью формулы (3) в критериальное пространство значение показателя $x_{\text{го}}$ (готовность оборудования); \tilde{M}_{yoII} — матрица свертки уровня II.

Подставив формулу уровня I — (4) в формулу уровня II — (5), получим итоговую формулу, определяющую укрупненный критерий «уязвимость оборудования»:

$$\tilde{X}_{\text{yo}} = \tilde{X}_{\text{го}}^T \cdot \tilde{M}_{\text{yoII}} \cdot (\tilde{X}_{\text{фи}}^T \cdot \tilde{M}_{\text{yoI}} \cdot \tilde{X}_{\text{ми}}). \quad (6)$$

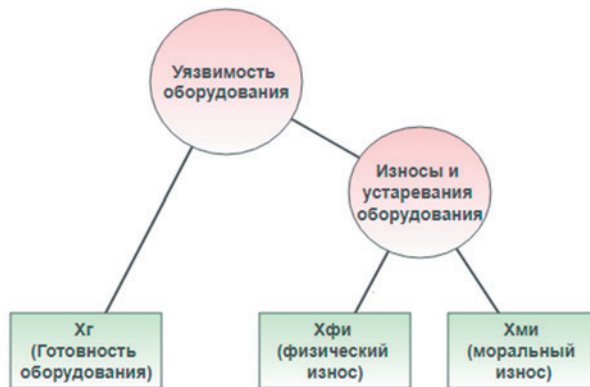


Рис. 3. Иерархическое дерево критериев для оценки укрупненного критерия «уязвимость оборудования»

Fig. 3. Hierarchical tree for assessing the “Equipment vulnerability” criterion

Аналогично строятся подграфы и агрегируются остальные показатели уязвимости до укрупненных критериев, кроме показателя $x_{\text{эс}}$ (заемные средства), так как он представлен единственным показателем.

Далее в формулах (7)–(14) в качестве индексов критериев используются индексы показателей, приведенные в таблице 1, а индексы укрупненных критериев образованы по первым буквам их названий.

Укрупненный критерий «сельскохозяйственное сырье» оценивается с помощью формулы

$$\tilde{X}_{\text{сс}} = \tilde{X}_{\text{кс}}^T \cdot \tilde{M}_{\text{ссIII}} \cdot (\tilde{X}_{\text{хс}}^T \cdot \tilde{M}_{\text{ссII}} \cdot (\tilde{X}_{\text{кчс}}^T \cdot \tilde{M}_{\text{ссI}} \cdot \tilde{X}_{\text{пс}})), \quad (7)$$

где на уровне I агрегируются критериальные оценки качества сырья $\tilde{X}_{\text{кчс}}$ и его подготовка $\tilde{X}_{\text{пс}}$; на уровне II агрегируется результат уровня I и условия хранения сырья $\tilde{X}_{\text{хс}}$; на уровне III предыдущий результат и значение показателя $x_{\text{кс}}$ (количество сырья), приведенное в критериальное пространство $\tilde{X}_{\text{кс}}$ с помощью формулы (3).

Укрупненный критерий «материалы» оценивается с помощью формулы

$$\tilde{X}_{\text{м}} = \tilde{X}_{\text{км}}^T \cdot \tilde{M}_{\text{мIII}} \cdot (\tilde{X}_{\text{хм}}^T \cdot \tilde{M}_{\text{мII}} \cdot (\tilde{X}_{\text{кчм}}^T \cdot \tilde{M}_{\text{мI}} \cdot \tilde{X}_{\text{пм}})), \quad (8)$$

где на уровне I агрегируются критериальные оценки качества материалов $\tilde{X}_{\text{кчм}}$ и их подготовка $\tilde{X}_{\text{пм}}$; на уровне II агрегируется результат I уровня и условия хранения материалов $\tilde{X}_{\text{хм}}$; на уровне III предыдущий результат и значение показателя $x_{\text{км}}$ (количество материалов), приведенное в критериальное пространство $\tilde{X}_{\text{км}}$ с помощью формулы (3).

Укрупненный критерий «персонал» оценивается с помощью формулы

$$\tilde{X}_{\text{п}} = \tilde{X}_{\text{кп}}^T \cdot \tilde{M}_{\text{п}} \cdot \tilde{X}_{\text{псп}}, \quad (9)$$

где агрегируются показатель $x_{кп}$ (количество персонала), приведенный с помощью формулы (3) к критериальной шкале $\tilde{X}_{кп}$, и критериальная оценка, отражающая профессиональное соответствие персонала $\tilde{X}_{псп}$.

Укрупненный критерий «активы» оценивается с помощью формулы

$$\tilde{X}_a = \tilde{X}_{ла}^T \cdot \tilde{M}_a \cdot \tilde{X}_{на}, \quad (10)$$

где агрегируются показатель $x_{ла}$ (ликвидные активы), приведенный с помощью формулы (3) к критериальной шкале $\tilde{X}_{ла}$, и показатель $x_{на}$ (неликвидные активы), приведенный с помощью формулы (2) к критериальной шкале $\tilde{X}_{на}$.

Укрупненный критерий «логистика» оценивается с помощью формулы

$$\tilde{X}_л = \tilde{X}_{дс}^T \cdot \tilde{M}_{лл} \cdot \left(\tilde{X}_{вд}^T \cdot \tilde{M}_{л} \cdot \tilde{X}_{сд} \right)^T \cdot \tilde{M}_{лл} \cdot \tilde{X}_{кчд}, \quad (11)$$

где на уровне I агрегируются показатели $x_{вд}$ (время доставки) и $x_{сд}$ (стоимость доставки), приведенные с помощью формулы (2) к критериальной шкале $\tilde{X}_{вд}$ и $\tilde{X}_{сд}$ соответственно; на уровне II агрегируются результат уровня I и критериальная оценка качества доставки $\tilde{X}_{кчд}$; на уровне III агрегируется результат предыдущего уровня критериальная оценка $\tilde{X}_{дс}$, описывающая способность организации осуществить доставку продукции.

Укрупненный критерий «сбыт» оценивается с помощью формулы

$$\tilde{X}_{сб} = \left(\tilde{X}_{ксб}^T \cdot \tilde{M}_{сбл} \cdot \tilde{X}_{нсб} \right)^T \cdot \tilde{M}_{сбл} \cdot \tilde{X}_{имп}, \quad (12)$$

где на уровне I агрегируются показатель $x_{ксб}$ (каналы сбыта), приведенный с помощью формулы (3) к критериальной шкале $\tilde{X}_{ксб}$, и критериальная оценка критерия $\tilde{X}_{нсб}$ (надежность каналов сбыта); на уровне II агрегируются предыдущий результат и показатель $x_{имп}$ (импорт продукции), приведенный с помощью формулы (3) к критериальной шкале $\tilde{X}_{имп}$.

Укрупненный критерий «нормативное регулирование» оценивается с помощью формулы

$$\tilde{X}_{нр} = \tilde{X}_{нр}^T \cdot \tilde{M}_{нрл} \cdot \left(\tilde{X}_p^T \cdot \tilde{M}_{нрл} \cdot \tilde{X}_{ар} \right), \quad (13)$$

где на первом уровне агрегируются критериальные оценки критериев \tilde{X}_p (наличие регламентов) и $\tilde{X}_{ар}$ (актуальность регламентов); на втором уровне агрегируется результат первого уровня и критериальная оценка $\tilde{X}_{нр}$ (применение регламентов).

Укрупненный критерий «администрирование» оценивается с помощью формулы

$$\tilde{X}_{адм} = \tilde{X}_{ур}^T \cdot \tilde{M}_{адм} \cdot \tilde{X}_{ср}, \quad (14)$$

где агрегируются критериальная оценка критерия $\tilde{X}_{ур}$ (управленческие решения) и показатель $x_{ср}$ (средства на развитие организации), приведенный с помощью формулы (3) к критериальной шкале $\tilde{X}_{ср}$.

Итоговое дерево свертки описанных выше укрупненных критериев уязвимости показано на рисунке 4.

Структурный синтез итогового дерева критериев (рис. 4) выполнен на основе содержательного соответствия укрупненных крите-

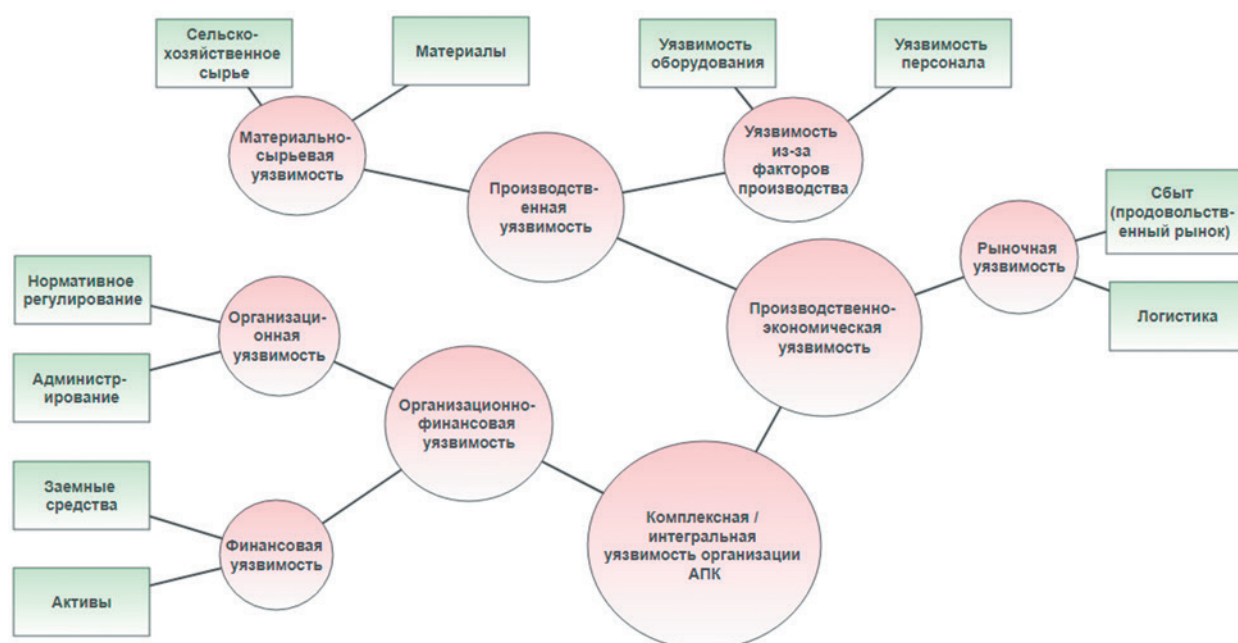


Рис. 4. Иерархическое дерево укрупненных критериев уязвимости организаций АПК
 Fig. 4. Hierarchical tree for assessing the vulnerability of agricultural enterprises

риев и понятной интерпретации промежуточных результатов свертки:

— критерии «сельскохозяйственное сырье» и «материалы» были агрегированы в более укрупненный показатель, названный «материально-сырьевая уязвимость»;

— критерии «уязвимость оборудования» и «уязвимость персонала», являясь факторами производства, обобщаются в критерий с соответствующей интерпретацией — «уязвимость из-за факторов производства»;

— обобщенные выше критерии агрегируются совместно в критерий «производственная уязвимость»;

— критерии «сбыт» и «логистика» агрегируются вместе, обобщенный критерий назван «рыночная уязвимость»;

— свертка обобщенных критериев «производственная уязвимость» и «рыночная уязвимость» образует критерий «производственно-экономическая уязвимость»;

— критерии «активы» и «заемные средства» агрегируются в укрупненный критерий «финансовая уязвимость»;

— критерии «администрирование» и «нормативное регулирование» образуют вместе обобщенный критерий «организационная уязвимость»;

— свертка обобщенных критериев, отражающих финансовую и организационную уязвимости, образует критерий «организационно-финансовая уязвимость»;

— пара предпоследних критериев «организационно-финансовая уязвимость» и «производственно-экономическая уязвимость» образует комплексный (интегральный) показатель уязвимости организации АПК от возникновения внутренних и внешних факторов.

Итоговая формула, позволяющая осуществить комплексное оценивание уровня уязвимости организаций АПК (15), учитывающая укрупненные критерии, вычисляемые с помощью формул (6)–(14), получилась следующей:

$$\begin{aligned} \tilde{X}_{\text{yoAPK}} = & \left(\left(\tilde{X}_{\text{нр}}^T \cdot \tilde{M}_{I4} \cdot \tilde{X}_{\text{адм}} \right)^T \cdot \tilde{M}_{II2} \cdot \left(\tilde{X}_{\text{а}}^T \cdot \tilde{M}_{I5} \cdot \tilde{X}_{\text{ср}} \right) \right)^T \times \\ & \times \tilde{M}_{IV}^T \cdot \left(\left(\tilde{X}_{\text{ср}}^T \cdot \tilde{M}_{I1} \cdot \tilde{X}_{\text{м}} \right)^T \cdot \tilde{M}_{III1} \cdot \left(\tilde{X}_{\text{yo}}^T \times \tilde{M}_{I2} \times \tilde{X}_{\text{п}} \right) \right)^T \times \\ & \times \tilde{M}_{III}^T \cdot \left(\tilde{X}_{\text{сб}}^T \cdot \tilde{M}_{I3} \cdot \tilde{X}_{\text{л}} \right). \end{aligned} \quad (15)$$

Подставив формулы (6)–(14) в (15), получим обобщенную формулу оценки уровня уязвимости организаций АПК, учитывающие все показатели в целом. Все эти формулы автоматизи-

рованы, экранная форма программы для ЭВМ показана на рисунке 5.

Предлагаемый подход к оценке уязвимости может быть адаптирован для любых организаций АПК путем идентификации характерных параметров МКО: функций приведения, задаваемых с помощью формул (2) и (3), и наборов матриц свертки, которые не приводятся в настоящей работе по причине ограниченности объема статьи.

В качестве демонстрации применения разработанной модели рассмотрим, насколько организации, производящие алкогольную продукцию, оказались уязвимы в условиях опасности распространения новой вирусной инфекции COVID-19 и введенных ограничительных мер на примере АО «Пермалко», предоставившей сведения о своей деятельности до и после пандемии. Ограничительные меры оказали влияние на следующие факторы внутреннего и внешнего окружения:

— количество сырья и материалов ($\tilde{X}_{\text{рс}}$ и $\tilde{X}_{\text{км}}$) — встречались разовые прецеденты, когда поставщики не могли доставить материалы, необходимые для розлива готовой продукции, в частности, у поставщиков возникли проблемы с получением разрешений на перемещение между Субъектами РФ; в качестве реагирования на ограничительные меры покупать сырье и материалы стали меньшими партиями, но чаще, при этом поставки преимущественно осуществлялись от поставщиков из Пермского края и соседних регионов с целью сократить время доставки; увеличение числа поставок и уменьшение их объемов привело к росту себестоимости поставки на учетную единицу сырья и материалов;

— готовность оборудования ($\tilde{X}_{\text{го}}$) — оборудование простаивало в течение 3 часов в сутки между работой смен с целью обеспечения профилактических мер;

— количество персонала ($\tilde{X}_{\text{кп}}$) — после 2 месяцев со дня начала пандемии у сотрудника производственного подразделения был подтвержденный случай заражения COVID-19. В связи с этим на самоизоляцию была выведена 1 бригада из 4. Через неделю случай заражения подтвердился в другой бригаде, которая также была выведена. Таким образом, половина работников, обеспечивающих непосредственно производство конечной продукции, были недоступны. Если бы третья бригада оказалась недоступна, то обеспечить производство на 100 % организации не удалось бы. Однако производство было обеспечено персоналом за счет привлечения доступных

работников за дополнительную плату; производительность сократилась на 15–20 %;

– профессиональное соответствие персонала ($\tilde{X}_{псп}$) – во время ограничительных мер не привлекали временный неквалифицированный персонал по аутсорсингу, поскольку к производственным процессам привлекались исключительно штатные сотрудники организации;

– ликвидные активы ($\tilde{X}_{ла}$) – сократилось количество денежных средств в связи с увеличением оборачиваемости дебиторской задолженности, но незначительно, так как увеличилась оборачиваемость сырья и материалов;

– неликвидные активы ($\tilde{X}_{на}$) – произошло сокращение, так как на хранении стало меньше сырья и материалов;

– заемные средства ($\tilde{X}_{зс}$) – произошел небольшой рост количества заемных средств в связи с тем, что увеличилась оборачиваемость дебиторской задолженности. Организациям, производящим алкогольную продукцию, к 25 числу каждого месяца необходимо оплачивать акциз за оборот спирта. Поэтому из-за нехватки денежных средств пришлось брать краткосрочные кредиты на сроки от 10 до 15 дней (срок просрочки платежа от покупателей);

– способность осуществлять поставки ($\tilde{X}_{дс}$) – в марте-апреле сократилось число перевозчиков, так как возникли проблемы с получением разрешений на перемещение между субъектами РФ в соответствии с введенным режимом самоизоляции. Несмотря

на это, организации удалось осуществить все поставки;

– стоимость доставки ($\tilde{X}_{сд}$) – во время ограничительных мер предложение на рынке транспортных услуг сократилось примерно на 25–30 %, что привело к росту затрат на перевозки между субъектами на 19 %, в качестве реагирования на изменения внешней среды был сокращен объем средней заявки, это привело к росту удельных затрат на перевозки готовой продукции;

– время доставки ($\tilde{X}_{вд}$) – время доставки увеличивалось от нескольких часов до дня (до пандемии время доставки составляло 2–3 дня), поэтому машины заказывали раньше для выполнения обязательств, увеличение времени в пути приводило к росту затрат на перевозки;

– каналы сбыта ($\tilde{X}_{кcb}$) – во многих регионах были введены ограничения на розничную продажу алкоголя, что сказалось на объемах заказов;

– надежность каналов сбыта ($\tilde{X}_{нcb}$) – срок оборачиваемости дебиторской задолженности увеличился в среднем с 50 до 65 дней;

– актуальность регламентов ($\tilde{X}_{ар}$) – первое время отсутствовали регламенты работы в условиях ограничительных мер, потребовалась адаптация внутренних документов и оформление документов для работников (разрешения и т. п.) в соответствии с указом губернатора Пермского края, однако на устранение этого недостатка организации понадобилось всего 4 дня;

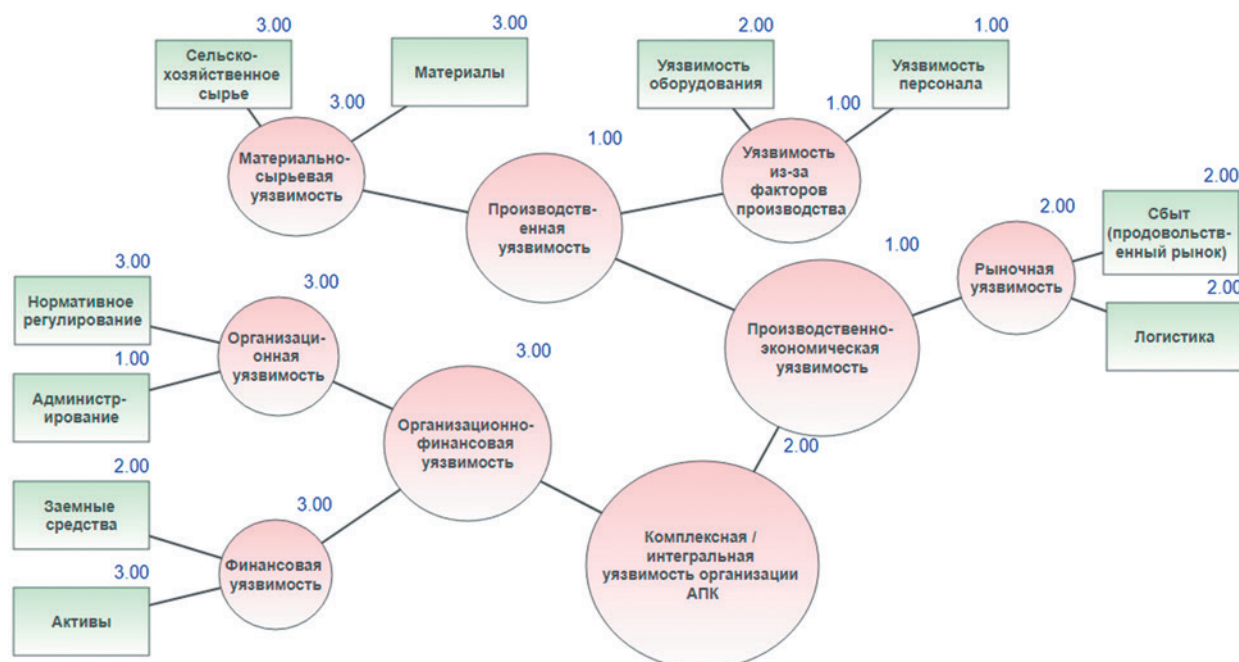


Рис. 5. Оценка уязвимости АО «Пермалко» из-за пандемии COVID-19
 Fig. 5. Assessment of the vulnerability of Permalco JSC due to the COVID-19 pandemic

— управленческие решения ($\tilde{X}_{ур}$) — во время пандемии работа административно-управленческих работников и подразделений была организована по группам так, чтобы исключить контакты между группами; из-за угрозы заражения вне рабочего места, возможным последствием которого могла быть полная изоляция отдельных лиц, занимающих ведущие позиции в организационной структуре предприятия и обладающих полномочиями на принятие управленческих решений; программы развития организации были временно приостановлены.

Прочие показатели (табл.) не изменились.

Как видно из приведенных выше сведений, АО «Пермалко» удалось найти адекватные меры по реагированию на изменение внешних факторов, в связи с чем будем считать, что уязвимой организация оказалась по критериям: $\tilde{X}_{кп}$, $\tilde{X}_{сд}$, $\tilde{X}_{ур2}$ частично уязвимой по критериям: $\tilde{X}_{ксб}$, $\tilde{X}_{го}$, $\tilde{X}_{исб}$, $\tilde{X}_{вд}$. По остальным критериям организация осталась не уязвимой и даже произошло улучшение по критериям: $\tilde{X}_{на}$ и $\tilde{X}_{псп}$. Интегральный показатель, учитывающий все критерии в комплексе, вычисляемый по модели (1), представляющей собой совокупность формул (2)–(3) и (6)–(15), ухудшился до оценки 2 (рис. 5) по сравнению с периодом до пандемии. Основной причиной ухудшения является уязвимость персонала, так как оценка критерия $\tilde{X}_{кп} = 1$ привела к тому, что укрупненный критерий $\tilde{X}_{ур}$ (уязвимость персонала) получил оценку 1 (рис. 5), это сказалось на критериях «уязвимость из-за факторов производства», «производственная уязвимость» и «производственно-экономическая уязвимость» (рис. 5). Таким образом, АО «Пермалко» оказалось частично уязвимым к пандемии новой вирусной инфекции COVID-19.

Заключение

Исследование факторов внутреннего и внешнего окружения организаций АПК, оказывающих влияние на уязвимость и имущественные интересы организаций, осуществляющих производство, переработку и реализацию сельскохозяйственной продукции на региональном продовольственном рынке, позволило авторам систематизировать эти факторы и обосновать перечень показателей и критериев уязвимости участников регионального продовольственного рынка, а также структурировать процесс их агрегирования и обобщения до единого показателя уязвимости, учитывающего все факторы в комплексе.

Основным результатом выполненного исследования является созданный авторами методический инструментарий оценки уязвимости организаций АПК, представляющий собой совокупность полученных формул (1)–(15) и компьютерную реализацию модели комплексного оценивания показателей уязвимости организации, апробированную на примере крупного производителя алкогольной продукции в Пермском крае — АО «Пермалко».

Полученный авторами результат устраняет проблему отсутствия единого подхода к оценке уязвимости различных организаций АПК, поскольку параметры математической модели могут быть адаптированы для любых организаций АПК, а компьютерная программа обладает интуитивно понятным интерфейсом и разработана как в виде веб-приложения, что не требует установки специальных программ на компьютер, так и в виде десктоп-приложения для организаций, не имеющих стабильного подключения к интернету. Эти обстоятельства обеспечивают возможность практического использования созданного авторами методического инструментария в деятельности любых организаций АПК.

Более того, созданный методический инструментарий оценки уязвимости организаций АПК может быть полезен не только отдельным хозяйствующим субъектам, но и органам государственной власти различного уровня, поскольку позволяет при постоянно меняющихся внешних и внутренних факторах выполнять анализ уязвимости организаций и их объединений на различном уровне. Это позволит органам власти и регуляторам разрабатывать адресные меры поддержки и защиты региональных продовольственных рынков.

Был исследован региональный рынок алкогольной продукции Пермского края с помощью созданного методического инструментария и выполнен анализ уязвимости АО «Пермалко» в условиях опасности распространения новой вирусной инфекции COVID-19 и введенных ограничительных мер, который показал, что в 2020 г. исследуемая организация оказалась частично уязвимой к пандемии новой вирусной инфекции по причине уязвимости персонала, однако на изменение прочих факторов руководству организации удалось найти адекватные меры реагирования.

На основании сказанного выше можно заключить, что цель настоящего исследования достигнута, полученные результаты обладают теоретической и практической значимостью. Научная новизна заключается в том,

что создан новый методический инструмент оценки уязвимости участников регионального продовольственного рынка, отличающийся от существующих набором учитываемых показателей уязвимости, охватывающим производственные, финансовые, рыночные и организационно-управленческие группы показателей, что в совокупности обеспечивает единство при оценке уязвимости любых организаций АПК.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Urruty N., Tailliez-Lefebvre D., Huyghe C. Stability, robustness, vulnerability and resilience of agricultural systems. A review // *Agronomy for Sustainable Development*. 2016. Vol. 36. 15 p. Art. 15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0347-5>.
2. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico / Luers A. L., Lobell D. B., Sklar L. S., Addams C. L., Matson P. A. // *Global Environmental Change*. 2003. Vol. 13, iss. 4. P. 255–267.
3. Extreme vulnerability of smallholder farmers to agricultural risks and climate change in Madagascar / Harvey C. A., Rakotobe Z. L., Rao N. S., et al. // *Philosophical transactions of the royal society B*. 2014. Vol. 349, iss. 1639. P. 1–12.
4. Linking agricultural adaptation strategies, food security and vulnerability: evidence from West Africa / Douxchamps S., Van M. T., Silvestri S. et al. // *Regional Environmental Change*. 2016. Vol. 16. P. 1305–1317.
5. Jayne T. S., Zulu B., Nijhoff J. J. Stabilizing food markets in eastern and southern Africa // *Food Policy*. 2006. Vol. 31, iss. 4. P. 328–341.
6. Melnikova Y. V., Shokhnekh A. V. Forming the Policy of Insurance of Innovative and Investment Activities of Agricultural Organizations as a Concept-Strategy of Provision of Economic and Food Security // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2019. Vol. 87. P. 809–816.
7. Bichraoui N., Guillaume B., Halog A. Agent-based Modelling Simulation for the Development of an Industrial Symbiosis — Preliminary Results // *Procedia Environmental Sciences*. 2013. Vol. 17. P. 195–204.
8. Buurma J., Hennen W., Verwaart T. How Social Unrest Started Innovations in a Food Supply Chain // *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. 2017. Vol. 20 (1), iss. 8. 23 p. DOI: 10.18564/jasss.3350 <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/20/1/8.html>.
9. Bonabeau E. Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems // *Proceedings of National Academy of Sciences*. 002. Vol. 99, iss. 3. P. 7280–7287.
10. Kovalenko A., Svetlakov A. Assessment of the level of vulnerability to protect property interests // *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS: Proceedings of the International Conference on Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society, Krasnoyarsk, 20–22 May 2020*. Krasnoyarsk: European Proceedings, 2020. P. 248–257.
11. ASC-Analysis of the Dependence of Volume and Structure of Highly Productive Dairy Cattle Incidence in Krasnodar Region / Lutsenko E. V., Grin V. A., Semenenko K. A., Semenenko M. P., Kuzminova E. V., Kuzminov N. D. // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 1294. P. 510–526.
12. Podinovskaya O. V., Podinovski V. V. Criteria importance theory for multicriterial decision making problems with a hierarchical structure // *European Journal of Operational Research*. 2017. Vol. 258 (3). P. 983–992.
13. Azgaldov G. G., Kostin A. V. Applied qualimetry: its origins, errors and misconceptions // *Benchmarking: An International Journal*. 2011. Vol. 18, No. 3. P. 428–444.
14. Saaty Th. L. Decision making with the analytic hierarchy process // *International Journal of Services Sciences*. 2008. Vol. 1, No. 1. P. 83–98.
15. Марценюк М. А. Матричное представление нечеткой логики // *Нечеткие системы и мягкие вычисления*. 2007. Т. 2, № 3. С. 7–35.
16. Селетков И. П. Применение матричного аппарата нечеткой логики для поддержки принятия решений в процессе обслуживания технологического оборудования нефтедобычи // *Прикладная математика и вопросы управления*. 2020. № 4. С. 65–88.
17. Модели согласованного комплексного оценивания в задачах принятия решений / Бурков В. Н., Буркова И. В., Коргин Н. А., Щепкин А. В. // *Вестник ЮУрГУ*. 2020. Т. 20, № 2. С. 5–13. (Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника).
18. Гвоздев Е. В. Разработка метода обнаружения и агрегирования показателей опасностей, воздействующих на объекты защиты предприятия и окружающую среду // *XXI век. Техносферная безопасность*. 2018. Т. 3, № 3. С. 69–81.
19. Alekseev A., Salamatina A., Kataeva T. Rating and Control Mechanisms Design in the Program Research of Dynamic Systems // *21st IEEE Conference on Business Informatics*. — Los Alamitos, California; Washington; Tokyo: IEEE, 2019. P. 96–105.
20. Burkov V. N., Sergeev V. A., Korgin N. A. Identification of integrated rating mechanisms as optimization problem // *2020 13th International Conference “Management of large-scale system development” (MLSD)*, 28–30 Sept. 2020, Moscow, Russia. Los Alamitos: IEEE, 2020. 5 p. № 20153257. DOI: <https://doi.org/10.1109/MLSD49919.2020.9247638>.
21. Okada S., Ohzeki M., Taguchi S. Efficient partition of integer optimization problems with one-hot encoding // *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. 12 p. Art. № 13036 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49539-6>.
22. Burkov V., Novikov D., Shchepkin A. Control Mechanisms for Ecological-Economic Systems. Berlin : Springer, 2015. 174 p.

References

1. Urruty, N., Tailliez-Lefebvre, D. & Huyghe, C. (2016). Stability, robustness, vulnerability and resilience of agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36, 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0347-5>.
2. Luers, A. L., Lobell, D. B., Sklar, L. S., Addams, C. L. & Matson, P. A. (2003). A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change*, 13(4), 255–267.
3. Harvey, C. A., Rakotobe, Z. L., Rao, N. S., Dave, R., Razafimahatratra, H., Rabarijohn, R. H., ... MacKinnon, J. L. (2014). Extreme vulnerability of smallholder farmers to agricultural risks and climate change in Madagascar. *Philosophical transactions of the Royal Society B*, 349(1639), 1–12.
4. Douxchamps, S., Van Wijk, M. T., Silvestri, S., Moussa, A. S., Quiros, C., Ndour, N. Y. B., ... Rufino, M. C. (2016). Linking agricultural adaptation strategies, food security and vulnerability: evidence from West Africa. *Regional Environmental Change*, 16, 1305–1317.
5. Jayne, T. S., Zulu, B. & Nijhoff, J. J. (2006) Stabilizing food markets in eastern and southern Africa. *Food Policy*, 31(4), 328–341.
6. Melnikova, Y. V. & Shokhnekh, A. V. (2019). Forming the Policy of Insurance of Innovative and Investment Activities of Agricultural Organizations as a Concept-Strategy of Provision of Economic and Food Security. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 87, 809–816.
7. Bichraoui, N., Guillaume, B. & Halog, A. (2013). Agent-based Modelling Simulation for the Development of an Industrial Symbiosis — Preliminary Results. *Procedia Environmental Sciences*, 17, 195–204.
8. Buurma, J., Hennen, W. & Verwaart, T. (2017). How Social Unrest Started Innovations in a Food Supply Chain. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 20(1(8)), 23. DOI: 10.18564/jasss.3350.
9. Bonabeau, E. (2002). Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 99(3), 7280–7287.
10. Kovalenko, A. & Svetlakov, A. (2020). Assessment of the level of vulnerability to protect property interests. In: *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS: Proceedings of the International Conference on Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society, Krasnoyarsk, 20–22 May 2020* (pp. 248–257). Krasnoyarsk: European Proceedings.
11. Lutsenko, E. V., Grin, V. A., Semenenko, K. A., Semenenko, M. P., Kuzminova, E. V. & Kuzminov, N. D. (2020). ASC-Analysis of the Dependence of Volume and Structure of Highly Productive Dairy Cattle Incidence in Krasnodar Region. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1294, 510–526.
12. Podinovskaya, O. V. & Podinovski, V. V. (2017). Criteria importance theory for multicriterial decision making problems with a hierarchical structure. *European Journal of Operational Research*, 258(3), 983–992.
13. Azgaldov, G. G. & Kostin, A. V. (2011). Applied qualimetry: its origins, errors and misconceptions. *Benchmarking: An International Journal*, 18(3), 428–444.
14. Saaty, Th. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98.
15. Martsenyuk, M. A. (2007). Matrix Representation of Fuzzy Logic. *Nechetkie sistemy i myagkie vychisleniya [Fuzzy Systems and Soft Computing]*, 2(3), 7–35. (In Russ.)
16. Seletkov, I. P. (2020). Application of matrix approach of fuzzy logic for decision support in oil mining equipment service. *Prikladnaya matematika i voprosy upravleniya [Applied Mathematics and Control Sciences]*, 4, 65–88. (In Russ.)
17. Burkov, V. N., Burkova, I. V., Korgin, N. A. & Shchepkin, A. V. (2020). Models for Coordinated Integrated Assessment in Decision-Making Problems. *Vestnik YUUrGU. Seriya: Kompyuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika [Bulletin of the South Ural State University. Series "Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics"]*, 20(2), 5–13. (In Russ.)
18. Gvozdev, E. V. (2018). Method development for detection and aggregation of risks influencing business protection objects and the environment. *XXI century. Technosphere safety [XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost]*, 3(3), 69–81. (In Russ.)
19. Alekseev, A., Salamatina, A. & Kataeva T. (2019). Rating and Control Mechanisms Design in the Program Research of Dynamic Systems. In: *Proceedings of 21st IEEE Conference on Business Informatics* (pp. 96–105). Los Alamitos: IEEE.
20. Burkov, V. N., Sergeev, V. A. & Korgin, N. A. (2020). Identification of integrated rating mechanisms as optimization problem. In: *2020 13th International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD), 28–30 Sept. 2020, Moscow, Russia*. Los Alamitos: IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/MLSD49919.2020.9247638>.
21. Okada, S., Ohzeki, M. & Taguchi, S. (2019). Efficient partition of integer optimization problems with one-hot encoding. *Scientific Reports*, 9, 13036. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49539-6>.
22. Burkov, V., Novikov, D. & Shchepkin, A. (2015). *Control Mechanisms for Ecological-Economic Systems*. Berlin: Springer, 174.

Информация об авторах

Алексеев Александр Олегович — кандидат экономических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет; <https://orcid.org/0000-0001-5033-6694> (Российская Федерация, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29; e-mail: alekseev@cems.pstu.ru).

Коваленко Александр Игоревич — аспирант, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова; <https://orcid.org/0000-0002-3614-1417> (Российская Федерация, 614045, г. Пермь, Петропавловская ул., 23; e-mail: kovalenkoloko@yandex.ru).

Светлаков Андрей Геннадьевич — доктор экономических наук, профессор, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова; <https://orcid.org/0000-0002-2321-0284> (Российская Федерация, 614045, г. Пермь, Петропавловская ул., 23; e-mail: sag08perm@mail.ru).

About the authors

Aleksandr O. Alekseev — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University; Scopus Author ID: 55972134400; <https://orcid.org/0000-0001-5033-6694> (29, Komsomolskiy Ave., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: alekseev@cems.pstu.ru).

Aleksandr I. Kovalenko — PhD Student, Perm State Agro-Technological University; <https://orcid.org/0000-0002-3614-1417> (23, Petropavlovskaya St., Perm, 614045, Russian Federation; e-mail: kovalenkoloko@yandex.ru).

Andrei G. Svetlakov — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Perm State Agro-Technological University; Scopus Author ID: 55970633700; <https://orcid.org/0000-0002-2321-0284> (23, Petropavlovskaya St., Perm, 614045, Russian Federation; e-mail: sag08perm@mail.ru).

Дата поступления рукописи: 08.02.2021.

Прошла рецензирование: 09.03.2021.

Принято решение о публикации: 18.06.2021.

Received: 8 Feb 2021.

Reviewed: 9 Mar 2021.

Accepted: 18 Jun 2021.