

Финансовые рынки

Риск синхронного падения как ключевой фактор доходности криптовалют

Александр Владимирович Кусляйкин

ORCID: 0009-0005-7067-6844

Аспирант, Национальный исследовательский университет

«Высшая школа экономики» (РФ, 109028, Москва, Покровский бул., 11)

E-mail: avkuslyaykin@hse.ru

Аннотация

Какую роль в формировании доходности криптовалют играет фактор риска синхронного падения — обесценения отдельных криптовалют и портфелей при падении рынка в целом? Ответу на этот вопрос посвящена настоящая работа. Исследование строится на недельных данных за 2014–2018 годы и охватывает свыше 900 криптовалют. Эмпирическая часть содержит регрессионный анализ, рассматривающий сразу три подхода к измерению систематического риска криптовалют, соответствующих различным положениям криптоактивов в портфелях инвесторов. В рамках этого оцениваются индивидуальные коэффициенты чувствительности криптовалют к рискам, строятся факторные портфели и тестируются портфельные стратегии, проводится кросс-секционный анализ с определением значимых риск-премий — всего более 315 тысяч регрессионных итераций. В результате выявлено, что криптоактивы очень чувствительны к риску обвала на рынке криптовалют, но нечувствительны к происходящему на рынке акций, а также на рынках, относящихся к альтернативным инвестициям, сохраняя свою автономность. Более подверженные риску синхронного падения инструменты в среднем являются более доходными, причем данная закономерность обнаруживается как на уровне отдельных инструментов, так и на уровне крупных портфелей криптовалют и не может быть отнесена к ненаблюдаемым факторам. Усредненная премия за риск синхронного падения составила 1,3% в неделю и оказалась ключевым компонентом доходностей криптовалют. Таким образом, высокие доходности криптоактивов являются лишь компенсацией за соответствующие высокие риски синхронного падения. Одновременно в исследовании подтверждается значимость факторов SMB и WML, отражающих надбавки за риски малой капитализации и высоких прошлых доходностей соответственно, для доходностей криптоактивов и предлагается трехфакторная модель, успешно объясняющая более 50% кросс-секционных доходностей криптовалют, превосходя уже представленные в литературе модели. Полученные результаты могут применяться в рамках дальнейших теоретических исследований, посвященных доходностям криптовалют, и в ходе управления инвестициями в криптовалюты портфельными менеджерами и индивидуальными инвесторами.

Ключевые слова: альтернативные инвестиции, диверсификация, криптоактивы, рыночный риск, факторные модели

JEL: G12, G15

Financial Markets

Downside Market Risk: A Key Determinant of Cryptocurrency Returns

Aleksandr V. Kusliiaikin

ORCID: 0009-0005-7067-6844

Post-graduate student, National Research University
Higher School of Economics, ^a e-mail: avkuslyaykin@hse.ru

^a 11, Pokrovskiy bul., Moscow, 109028, Russian Federation

Abstract

This paper is one of the first studies to investigate how downside market risk affects cryptocurrency returns. Based on weekly data for more than 900 cryptocurrencies from 2014 to 2018, downside market risk is considered in three different forms as it arises in the cryptocurrency market, the aggregate alternative investment market, and the stock market. The empirical part of the study employs regression analysis applied to each of three definitions of market risk. First, individual cryptocurrency betas are obtained with a rolling window approach. Second, factor portfolios are constructed based on individual betas to test factor strategies. Third, cross-sectional analysis is used to estimate risk premiums. The conclusion is that cryptocurrency returns are very sensitive to cryptocurrency market drops and insensitive to the dynamics of other financial assets. Downside market risk has a positive and significant effect on cryptocurrency returns, a result which is valid for both individual-instrument and portfolio investment. However, the effects of downside market risk for cryptocurrencies are not offset by any other risk factors, and the key conclusion to be drawn is that high cryptocurrency returns are fair compensation for elevated downside risk. A three-factor model that incorporates a downside market risk factor along with SMB and WML factors was the most useful of those considered, as it explained more than half of cross-sectional returns and surpassed other established models. These results may be useful for daily cryptocurrency trading as well as for further study of cryptocurrency returns.

Keywords: alternative investments, cryptoassets, diversification, market risk, multifactor models

JEL: G12, G15

Введение

В последние годы криптовалюты превратились в полноценный финансовый инструмент, занявший свою нишу среди существующих форм альтернативных инвестиций. Так, на начало марта 2024 года капитализация рынка криптовалют превысила 2,5 трлн долл., а среднесуточный объем торгов находится стабильно выше 50 млрд долл., что свидетельствует о повышенном интересе со стороны различных категорий инвесторов к этому финансовому инструменту¹. Привлекательность криптовалют состоит прежде всего в их существенных возможностях для диверсификации портфелей, а также в потенциале получения высокой доходности за счет волатильной природы инструмента. Кроме того, для криптовалют отсутствует порог входа в виде минимального размера капитала, присущий другим формам инвестиций, что упрощает и делает более актуальным включение криптовалют в инвестиционные портфели граждан и финансовых институтов.

Для российского инвестора, практически отрезанного от зарубежных рынков капитала санкциями, введенными после начала СВО в 2022 году, а потому почти не имеющего возможностей для международной диверсификации портфеля, вложения в криптовалюты приобрели особую значимость и актуальность. Благодаря децентрализованной природе криптовалют доступ к ним сложно ограничить, что является их несомненным преимуществом при инвестировании.

Для грамотной работы с финансовым активом необходимо понимать принципы его ценообразования — существенные риски и требуемые премии к доходности за их принятие. Формирование доходностей криптовалют, несмотря на многократно возросший научный интерес к данной области, всё еще недостаточно изучено. В частности, в литературе еще не рассматривались некоторые важные риск-факторы, в том числе хорошо зарекомендовавшие себя при объяснении доходностей традиционных финансовых инструментов. Среди них и фактор синхронного падения, отражающий риск одновременного обесценения актива при обвале рынка в целом и являющийся, согласно [Lettau et al., 2014], ключевым детерминантом доходностей акций, фиатных валют и сырьевых товаров. Поскольку внутренняя стоимость криптовалют, как правило, менее очевидна, чем традиционных активов, а спекулятивная составляющая их доходностей значительно выше, есть основания полагать, что доходности криптовалют так же тесно

¹ Статистика по рынку криптовалют. <https://coinmarketcap.com/all/views/all>.

связаны с присущими им рисками синхронного падения. Всё перечисленное делает актуальным рассмотрение риска синхронного падения и воздействие этого риска на доходность криптовалют. Оценке этого воздействия и посвящено настоящее исследование.

Поскольку не существует единого подхода, по отношению к какому рынку следует измерять рыночный риск криптовалют, в данной работе рассматриваются сразу три прокси-переменные рыночной динамики: индекс рынка криптовалют, обобщенный индекс альтернативных инвестиций и индекс глобального рынка акций. Такой набор прокси призван отразить различные подходы к вложениям в криптовалюты: добавление криптовалют к уже существующему портфелю криптовалют, к портфелю из нескольких видов альтернативных инвестиций или к портфелю акций, — при каждом из которых инвесторы готовы принимать разные уровни рыночного риска и ожидают разные уровни доходности портфеля. Также данный набор прокси-переменных отражает различные допущения о возможном перетоке инвестиций между криптоактивами и прочими рынками: от полной автономности рынка криптовалют до возможности перетока капиталов в другие виды активов — альтернативных или традиционных.

Таким образом, цель настоящей работы — оценить подверженность криптовалют риску синхронного падения и премию за этот вид риска и на основе этого сформулировать теоретические (корректный учет данного риск-фактора в моделях ценообразования) и практические (рациональная инвестиционная стратегия) рекомендации. Сопутствующая цель — повысить качество объяснения доходностей криптовалют по сравнению с существующими моделями. Основная гипотеза исследования состоит в том, что как на уровне отдельных инструментов, так и на уровне портфелей криптовалют высокая подверженность риску синхронного обвала предопределяет в среднем более высокие доходности. При этом ожидается, что фактор риска синхронного падения будет более информативным при выборе рынка криптовалют в качестве референтного, нежели при альтернативных подходах к измерению систематического риска, свидетельствуя о сохраняющейся высокой автономности рынка криптоактивов.

В ходе исследования:

- 1) систематизируются результаты авторов наиболее релевантных исследований;
- 2) проводится регрессионный анализ, при котором оцениваются коэффициенты чувствительности отдельных криптовалют и портфелей к рыночным и прочим рискам, анализируются риск-премии с одновременной проверкой значимости

и устойчивости результатов к возможным нарушениям эконометрических предпосылок, тестируются возможные факторные портфельные стратегии на основе чувствительности инструментов к рыночным рискам;

- 3) формулируются выводы о целесообразности использования фактора риска синхронного падения для объяснения доходностей криптовалют и построения инвестиционных стратегий.

Результаты настоящего исследования, на взгляд автора, обладают существенной новизной и, с одной стороны, вносят вклад в теорию ценообразования криптовалют, впервые указывая на риск синхронного падения как на ключевой фактор для моделирования доходностей криптовалют, что может быть отправной точкой для будущих исследований, а с другой стороны, демонстрируют инвестиционную стратегию на рынке криптовалют с высокой ожидаемой доходностью, что может успешно применяться многочисленными практиками — розничными инвесторами в криптовалюты, а также портфельными управляющими.

1. Обзор литературы

Появление криптовалют датируется 2008 годом, когда была опубликована статья [Nakamoto, 2008] под названием «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System», привлекая внимание к блокчейн-технологиям и побудившая к последующему созданию альтернативных криптовалют, а уже к 2014 году капитализация рынка перешагнула рубеж в 10 млрд долл.² За этим, как отмечают авторы [Belitski, Boreiko, 2022], последовала огромная волна первичных размещений криптовалют, породившая сотни новых инструментов и превратившая обращение криптоактивов в полноценный крупный рынок.

Вскоре после начала активных торгов было замечено, что криптовалюты обладают рядом специфических свойств, которые определяют необходимость рассматривать их обособленно от других известных классов финансовых активов. В частности, в работе [Yermack, 2015] на примере Bitcoin выделяются следующие характерные черты криптовалют:

- 1) низкая корреляция с другими рынками;
- 2) очень высокая волатильность цен и доходностей;

² Статистика по рынку криптовалют. <https://coinmarketcap.com/all/views/all>.

- 3) ограниченная эмиссия, предопределяющая дефляционную природу инструмента;
- 4) отсутствие гарантированных выплат для держателей.

Сама по себе специфичность финансового инструмента не означает необходимости повышенного внимания к нему, однако работа [Andrianto, Diputra, 2017] показала, что инвестирование в криптовалюты способно существенно улучшить характеристики портфеля традиционных финансовых инструментов по соотношению риска и доходности. Авторам удалось продемонстрировать это для трех крупных инструментов — Bitcoin, Litecoin, Ripple, но есть основания ожидать сопоставимых диверсификационных свойств и от прочих инструментов. По словам авторов, включение криптовалют в сбалансированный портфель обыкновенных акций, фондов, благ товарного рынка и фиатных валют с общим весом в 5–20% повышает доходность инвестиций на единицу принимаемого риска. Это важный вывод, поскольку портфель, состоящий исключительно из криптовалют, является чересчур рискованным для большинства инвесторов, а потому в практической плоскости более актуально именно рассмотрение комбинаций из инвестиций в криптовалюты с вложениями в традиционные активы.

В работе [Chuen et al., 2018] авторы пришли к аналогичным выводам уже на увеличенной выборке из десяти крупнейших криптовалют. То есть инвестиции в криптовалюту могут быть интересными даже для консервативных инвесторов, готовых отвести криптоактивам лишь небольшой совокупный вес в собственных портфелях [Liu et al., 2020]. При этом, как отмечается в [Makarov, Schoar, 2020], рынок криптовалют еще не является в полной мере эффективным, периодически оставляя инвесторам большие и продолжительные по времени арбитражные возможности.

Наиболее распространенный подход к измерению рыночного риска — использование рыночной «беты», коэффициента сопоставленности между динамикой исследуемого актива и рынка в целом. Риск падающего рынка, также именуемый риском синхронного падения, — это альтернативный способ измерения рыночного риска, состоящий в том, что «бета» рассчитывается лишь за периоды, когда на рынке преобладает обесценение активов [Abbas et al., 2011]; схожим образом выделяется и риск растущего рынка, измеряемый лишь в периоды позитивной рыночной динамики.

Попытки применения факторных линейных моделей для объяснения доходностей криптовалют начались в 2018 году с выходом работы [Gilbert, Loi, 2018], в которой авторы попытались

объяснить доходности Bitcoin с помощью модели CAPM с использованием индексов AMEX, NYSE и NASDAQ в качестве прокси-индикаторов рыночной динамики; анализ строился на недельных данных за 2010–2014 годы. Было обнаружено, что, вопреки ожиданиям, Bitcoin обладает небольшим систематическим риском и потому хорошо подходит для целей диверсификации портфеля. При этом рассмотренная модель CAPM оказалась недостаточно информативной при объяснении доходностей Bitcoin.

В работе [Liu, Tsyvinski, 2021] проанализированы три крупнейших криптовалюты — Bitcoin, Ethereum и Ripple. Авторы рассмотрели две группы риск-факторов: (1) факторы, относящиеся к рынку криптовалют, и (2) факторы, относящиеся к сторонним рынкам. В первую группу попали, например, волатильность, WML, индикатор популярности и др.; во вторую группу — факторы SMB, HML³ и WML для рынка акций, доходности фиатных валют и натуральных благ, основные макроэкономические переменные. В результате было получено, что лишь некоторые факторы из первой группы значимо связаны с доходностями криптовалют⁴, причем наиболее информативным признаком оказался WML.

Работа [Liu et al., 2020] строится на недельных данных по доходностям 78 криптовалют за 2015–2018 годы. В этой публикации отмечается, что тремя наиболее существенными риск-факторами для объяснения доходностей являются SMB, WML и фактор рыночного риска, рассчитанные по данным рынка криптовалют. При этом отмечается преимущественно положительная чувствительность доходностей криптовалют к фактору WML и отрицательная — к фактору SMB. Последнее говорит о том, что направление эффектов этих риск-факторов идентично наблюдаемому на рынке акций.

В работе [Liu et al., 2022] анализ строится на недельных данных за 2014–2018 годы по доходностям криптовалют с капитализацией свыше 1 млн долл. и не менее чем полугодом активных торгов. Авторы рассматривают 25 риск-факторов, соответствующих четырем группам — WML, SMB, волатильность, объемы торгов, причем все факторы относятся к самому рынку криптовалют, без применения факторов сторонних рынков. Для каждого из факторов был проведен портфельный анализ монотонности доходностей, в итоге обнаружившейся для 9 факторов: для четырех вариаций фактора WML, рыночной капитализации, цены, макси-

³ Фактор HML отражает разницу в доходностях между портфелями инструментов с высоким и низким отношением бухгалтерской стоимости к рыночной соответственно.

⁴ За точечным исключением: к примеру, неожиданно обнаружился значимый эффект доходности золота для доходности Ethereum.

мальной цены, объема торгов и стандартного отклонения объема торгов. Для этих вариантов формирования портфелей в среднем абсолютном выражении разница в недельных доходностях 1-го и 5-го портфелей насчитывала от 2 до 4%. Наибольшую эффективность показала трехфакторная модель с переменными рыночного риска, SMB и WML.

Идея выделения риска синхронного падения из обобщенного рыночного риска следует из асимметричного изменения полезности для агентов при равных по модулю, но различающихся по знаку доходностях. Так, в [Roy, 1952] обнаружено, что инвесторы ощущают заметно большее снижение полезности от отрицательных доходностей, чем рост полезности от равновеликих положительных доходностей. Еще один аргумент в пользу учета риска синхронного падения — теория перспектив [Kahneman, Tversky, 1979], согласно которой агенты примерно в 2,5 раза больше страдают от убытков во время падающего рынка, нежели испытывают радость от полученных доходов той же величины во время растущего рынка, из-за чего закладывают премии за риск падающего рынка в требуемые доходности финансовых инструментов. Аналогично в [Gul, 1991] аргументируется, что вложения с большим риском синхронного падения должны иметь более высокую ожидаемую доходность, чтобы сохранять привлекательность для инвесторов.

Теоретические аргументы в пользу риска синхронного падения по сравнению с остальными формами выражения рыночного риска многократно подтверждались и эмпирическими наблюдениями. Авторы [Ang et al., 2006] проанализировали широкую выборку акций, торговавшихся на площадках NYSE, AMEX, NASDAQ с 03.07.1962 по 31.12.2001. Во-первых, они отметили значительно больший разброс в коэффициентах чувствительности к риску синхронного падения, нежели в коэффициентах чувствительности к классическому рыночному риску. Во-вторых, было показано, что в доходностях акций присутствует значимая премия за риск синхронного падения, равная 6% в среднегодовом выражении. В то же время значимых премий за риск растущего рынка среди доходностей акций обнаружено не было.

В работе [Dobrynskaya, 2014] анализируется риск синхронного падения для валютной стратегии Carry Trade. Основным результатом работы состоит в том, что «валютам инвестирования» свойственны высокие риски синхронного падения, в то время как «валютам фондирования» — незначительные риски синхронного падения, а результат стратегии — компенсация за принятие избыточного риска синхронного падения. Дополнительно автор демонстрирует, что риск обвала на рынке обладает более высокой объясня-

ющей способностью, нежели прочие риск-факторы, наращивая значимость с учащением периодов отрицательного движения рынка. Также отмечается сходство во влиянии риска синхронного падения для фиатных валют и акций, что дает повод рассчитывать на подобное и применительно к криптовалютам.

Авторы [Lettau et al., 2014] проанализировали с помощью риска синхронного падения доходности нескольких категорий традиционных активов. Основным выводом стало наблюдение, что переход от фактора рыночного риска в модели CAPM к фактору риска синхронного падения (замена модели CAPM на модель DR-CAPM) позволяет более точно описывать доходности акций, облигаций, фиатных валют, благ товарного рынка, а также опционов на биржевой индекс.

Единственной обнаруженной в литературе попыткой проанализировать влияние риска обвала на доходности криптовалют стала работа [Zhang et al., 2021]. Однако в этой работе авторы сосредоточили внимание не на риске синхронного падения как таковом, являющемся систематическим риском, а на его идиосинкратической компоненте, выраженной через VaR. Такой подход они объясняют эмпирическим наблюдением о том, что портфели на рынке криптовалют обычно довольно концентрированные, поскольку абсолютное большинство инвесторов знакомы и совершают сделки лишь с небольшим количеством инструментов. Такая аргументация выглядит спорной, поскольку разнообразные криптовалюты присутствуют на рынке в достаточном объеме и фокус на «голубых фишках» объясняется лишь временной нерациональностью инвесторов. Тем не менее в [Zhang et al., 2021] показано, что вложения в криптовалюты с более высокими историческими значениями VaR в среднем являются более доходными.

Таким образом, из обзора литературы следует, что, несмотря на подтвержденную важность фактора риска синхронного падения для множества категорий активов, в литературе еще не было примеров подробного анализа доходностей криптовалют с помощью моделей на основе фактора риска синхронного падения. В устранении этого пробела и заключается цель настоящей работы.

2. Данные, теоретическая основа исследования и методы

Для целей исследования была сформирована выборка из 904 криптовалют за период с 2014 по 2018 год включительно, анализ строится на недельных доходностях. Соответствующий выбор периода и гранулярности данных связан с необходимостью сравнения результатов с более ранними работами и сбалансированного соотношения между периодами растущего и падающего

рынка (в сформированной выборке достигается примерно равное соотношение между состояниями падающего и растущего рынка для каждого из трех рыночных прокси с долей в 50–60% для преобладающего состояния, что делает выборку репрезентативной). Источником данных по криптовалютам служит портал coinmarketcap.com, агрегирующий информацию по инструментам с более чем 200 криптобирж. Следуя подходу [Liu et al., 2022], в финальную выборку за каждую неделю с целью устранения инструментов-однодневок включались лишь те криптовалюты, капитализация которых превышала 1 млн долл., а суммарная продолжительность торгов по ним превышала полгода. В выборку также не вошли стейблкоины, структурированные для повторения динамики некоторого актива, а потому не содержащие независимых ценовых движений. Доходности инструментов и факторных портфелей выражены в долларовом исчислении.

В работе реализуется трехшаговый регрессионный анализ⁵, в ходе которого суммарно оценивается свыше 315 тыс. регрессий. Основными регрессантами в анализе служат недельные избыточные доходности по криптовалютам:

$$R_{i,t} - R_t^F, \quad (1)$$

где $R_{i,t}$ — ценовая доходность i -го инструмента на неделе t , R_t^F — недельная безрисковая доходность⁶ на неделе t .

Важнейшим фактором, с которым связана научная новизна исследования, является фактор доходности рыночного портфеля: он обозначен как MKT и рассчитан как избыточная доходность рыночного индекса. При этом в качестве рыночного индекса поочередно используются три прокси-переменные, отражающие возможные различия в референтных рынках для инвестора в криптовалюты:

- сценарий 1: индекс рынка криптовалют⁷;
- сценарий 2: индекс рынка альтернативных инвестиций⁸;
- сценарий 3: индекс рынка акций⁹.

⁵ Поскольку в работе рассматриваются три альтернативные прокси рыночной динамики, то полный регрессионный анализ последовательно реализуется для каждого из прокси.

⁶ В исследовании в качестве безрисковых ставок использованы доходности полугодовых T-bills (использованы данные Bloomberg Terminal Professional на начало 2022 года).

⁷ В каждом периоде получен через взвешивание по капитализации всех индивидуальных криптовалют, в соответствии с [Liu et al., 2022].

⁸ Получен как средневзвешенное между индексом криптовалют и еще четырьмя индексами альтернативных инвестиционных рынков: товаров (Bloomberg Commodity Index), недвижимости (Dow Jones Equity REIT Index), хедж-фондов (HFRX Global Hedge Fund Index) и непубличных акций (LPX50 Listed Private Equity Index) в соответствии с [Boido, Fasano, 2009].

⁹ В качестве индекса по рынку акций используется глобальный индекс S&P 500.

Помимо факторов рыночного риска в анализ включены факторы SMB и WML, ранее в литературе зарекомендовавшие себя релевантными. Они задаются тем же образом, что и в работе [Liu et al., 2022]: SMB (WML) для каждого периода рассчитывается как разница между равновзвешенной доходностью портфеля из 30% наименее капитализированных (наиболее доходных за предыдущие четыре недели) криптовалют и равновзвешенной доходностью портфеля из 30% наиболее капитализированных (наименее доходных за предыдущие четыре недели) криптовалют.

На первом шаге регрессионного анализа для всех периодов и инструментов внутри выборки с помощью метода плавающего окна¹⁰ рассчитываются индивидуальные коэффициенты чувствительности криптовалют к риск-факторам (индивидуальные «беты»). Чувствительности к рискам синхронного падения и синхронного роста для криптовалют оцениваются из регрессии с бинарным отражением состояния рынка:

$$R_{i,t} - R_t^F = a_{i,t} + b_{i,t}^{DM} \times MKT_t + c_{i,t} \times dummy_t^{MKT} \times MKT_t, \quad (2)$$

$$dummy_t^{MKT} = \begin{cases} 1, & \text{при } MKT_t \geq 0 \\ 0, & \text{при } MKT_t < 0 \end{cases}, \quad (3)$$

$$b_{i,t}^{UM} = b_{i,t}^{DM} + c_{i,t}, \quad (4)$$

где MKT_t — избыточная доходность рыночного портфеля на неделе t , $dummy_t^{MKT}$ — дамми-переменная состояния рынка на неделе t , $b_{i,t}^{DM}$ и $b_{i,t}^{UM}$ — чувствительности к риску синхронного падения и роста для i -й криптовалюты на неделе t соответственно.

Чувствительности к классическому фактору рыночного риска оцениваются из регрессионного уравнения модели CAPM:

$$R_{i,t} - R_t^F = a_{i,t} + b_{i,t}^M \times MKT_t, \quad (5)$$

где $b_{i,t}^M$ — чувствительность i -й криптовалюты к рыночному фактору на неделе t .

Чувствительности к двум другим факторам анализа — SMB и WML — оцениваются из уравнения трехфакторной модели:

$$R_{i,t} - R_t^F = a_{i,t} + b_{i,t}^M \times MKT_t + b_{i,t}^{SMB} \times SMB_t + b_{i,t}^{WML} \times WML_t, \quad (6)$$

¹⁰ Коэффициенты чувствительности рассчитываются по 26 предшествующим неделям аналогично [Liu et al., 2022]. Тест робастности показал отсутствие значимых изменений при использовании альтернативного значения в 10, 20, 30 или 40 недель. Незначимые на уровне 10-процентной оценки чувствительности к факторам в дальнейшем анализе рассматривались как нулевые, что означает отсутствие чувствительности.

где SMB_t (WML_t) — значение фактора SMB (WML) на неделе t , $b_{i;t}^{SMB}$ ($b_{i;t}^{WML}$) — чувствительность к фактору SMB (WML) i -й криптовалюты на неделе t .

На втором шаге проводится портфельный анализ, дающий возможность проанализировать связи между рисками и доходностями криптовалют в обобщенном виде, снижая вес и возможное влияние выбросов на конечные результаты. В рамках этого анализа на еженедельной основе из всех криптовалют в выборке формируются пять портфелей одинакового размера¹¹ таким образом, что в первый портфель всегда попадают наименее чувствительные к систематическому риску¹² инструменты, а в пятый — наиболее чувствительные; веса криптовалют внутри каждого портфеля равны. Взвешенные доходности по портфелям рассчитываются как

$$R_{p;t} = \sum_{i \in p} \frac{R_{i;t}}{N_{p;t}}, \quad (7)$$

где $R_{p;t}$ — доходность по портфелю p на неделе t , $N_{p;t}$ — число криптовалют в портфеле p на неделе t .

Далее избыточные доходности сформированных портфелей анализируются на предмет монотонности, при обнаружении которой разности в доходностях между пятым и первым портфелями дополнительно регрессируются на набор риск-факторов для проверки устойчивости обнаруженных монотонностей и подтверждения закономерности различий в доходностях портфелей. Для этого используются шесть различных регрессионных спецификаций, фокусирующихся на разных сторонах систематического риска, в том числе с добавлением факторов SMB и WML:

$$R_{p;t} - R_t^F = a_{p;t} + b_{p;t}^M \times MKT_t, \quad (8)$$

$$R_{p;t} - R_t^F = a_{p;t} + b_{p;t}^{DM} \times MKT_t + c_{p;t} \times MKT_t \times dummy_t^{MKT}, \quad (9)$$

$$R_{p;t} - R_t^F = a_{p;t} + b_{p;t}^{DM} \times MKT_t, \text{ при } MKT_t < 0, \quad (10)$$

$$R_{p;t} - R_t^F = a_{p;t} + b_{p;t}^M \times MKT_t + b_{p;t}^{SMB} \times SMB_t + b_{p;t}^{WML} \times WML_t, \quad (11)$$

¹¹ Если количество инструментов не делится на 5 без остатка, распределение между портфелями происходит симметрично.

¹² Чувствительность к систематическому риску рассматривается поочередно для каждого из трех прокси-индексов в нескольких проявлениях: в форме «бет» синхронного падения, «бет» синхронного роста и классических рыночных «бет».

$$R_{p,t} - R_t^F = a_{p,t} + b_{p,t}^{DM} \times MKT_t + c_{p,t} \times MKT_t \times dummy_t^{MKT} + b_{p,t}^{SMB} \times SMB_t + b_{p,t}^{WML} \times WML_t, \quad (12)$$

$$R_{p,t} - R_t^F = a_{p,t} + b_{p,t}^{DM} \times MKT_t + b_{p,t}^{SMB} \times SMB_t + b_{p,t}^{WML} \times WML_t, \quad \text{при } MKT_t < 0, \quad (13)$$

где $b_{p,t}^M$ — рыночная «бета» по портфелю p на неделе t , $b_{p,t}^{DM}$ — «бета» синхронного падения по портфелю p на неделе t , $b_{p,t}^{DM} + c_{p,t}$ — «бета» синхронного роста по портфелю p на неделе t , $b_{p,t}^{SMB}$ ($b_{p,t}^{WML}$) — «бета» фактора SMB (WML) для портфеля p на неделе t .

На третьем шаге проведен анализ кросс-секционных доходностей с целью выяснить, какой величиной требуемой доходности агенты оценивают тот или иной риск на рынке криптовалют. Кросс-секционный анализ реализован по методологии [Fama, Macbeth, 1973], традиционно применяемой для этой задачи. В рамках нее вся выборка делится на подвыборки по периодам, после чего избыточные доходности инструментов регрессируются на индивидуальные коэффициенты чувствительности для оценки премий за выделенные риск-факторы. Поскольку оценки риск-премий и их значимость могут зависеть от уравнений, применяемых для их оценивания, в этой задаче вновь рассматриваются шесть модельных спецификаций:

$$R_{i,t} - R_t^F = a_t + Prem_t^M b_{i,t}^M, \quad (14)$$

$$R_{i,t} - R_t^F = a_t + Prem_t^{DM} b_{i,t}^{DM} + Prem_t^{UM} b_{i,t}^{UM}, \quad (15)$$

$$R_{i,t} - R_t^F = a_t + Prem_t^{DM} b_{i,t}^{DM}, \quad (16)$$

$$R_{i,t} - R_t^F = a_t + Prem_t^M b_{i,t}^M + Prem_t^{SMB} b_{i,t}^{SMB} + Prem_t^{WML} b_{i,t}^{WML}, \quad (17)$$

$$R_{i,t} - R_t^F = a_t + Prem_t^{DM} b_{i,t}^{DM} + Prem_t^{UM} b_{i,t}^{UM} + Prem_t^{SMB} b_{i,t}^{SMB} + Prem_t^{WML} b_{i,t}^{WML}, \quad (18)$$

$$R_{i,t} - R_t^F = a_t + Prem_t^{DM} b_{i,t}^{DM} + Prem_t^{SMB} b_{i,t}^{SMB} + Prem_t^{WML} b_{i,t}^{WML}, \quad (19)$$

где $Prem_t^M$ — премия за принятие рыночного риска на неделе t , $Prem_t^{DM}$ — премия за принятие риска синхронного падения на неделе t , $Prem_t^{UM}$ — премия за принятие риска синхронного роста на неделе t , $Prem_t^{SMB}$ ($Prem_t^{WML}$) — премия за риск SMB (WML) на неделе t .

Такой перечень спецификаций позволяет сравнить между собой различные метрики рыночного риска — как без включения других переменных (выражения (14)–(16)), так и при участии дополнительных релевантных факторов, SMB и WML (выражения (17)–(19)). Метрикой качества моделей будет служить коэффициент R_{adj}^2 — версия коэффициента R^2 , скорректированная на количество переменных.

Чтобы исключить, где возможно, вероятные нарушения постулатов эконометрического анализа, были проведены предварительная проверка стационарности временных рядов с помощью расширенного теста Дики — Фулера [Dickey, Fuller, 1979], проверка отсутствия проблемы эндогенности с помощью теста Хаусмана [Hausman, 1978] и проверка отсутствия проблемы мультиколлинеарности через анализ VIF и попарных корреляций регрессоров. С целью исключить возможное влияние гетероскедастичности и автокорреляции при проверке значимости коэффициентов использована корректировка ошибок по методу Нью – Веста [Newey, West, 1994].

Выборочные статистики, характеризующие распределение факторов анализа, приведены в табл. 1. В распределении избыточных доходностей точно отражены отличительные особенности криптовалют, на которые указывалось в литературе: существенная волатильность, асимметрия и знакопеременность доходностей. Например, в выборке обнаружены как инструменты, терявшие за неделю почти 100% своей стоимости, так и инструменты, чья стоимость за неделю возрастала почти в 12 раз. При этом в выборке присутствует больше наблюдений с отрицательными значениями доходности, чем с положительными, хотя суммарный эффект положительных доходностей более велик за счет группы доходных инструментов.

Т а б л и ц а 1

Статистики распределения по итоговой выборке

T a b l e 1

Final Sample Distribution

Переменная	$R_{i,t} - R_t^F$	МКТ1	МКТ2	МКТ3	SMB	WML
Число наблюдений	58 436	259	259	259	259	259
Максимум (%)	1100	37,79	7,53	5,6	1,98	1,08
Минимум (%)	–99,8	–38,11	–7,96	–9,71	–37,11	–68,67
Среднее (%)	3,58	1,26	0,28	0,11	3,41	3,9
Медиана (%)	–2,68	0,68	0,21	0,22	–0,28	3,88

О к о н ч а н и е т а б л и ц ы 1

Переменная	$R_{i,t} - R_t^F$	МКТ1	МКТ2	МКТ3	SMB	WML
Стандартное отклонение (%)	0,24	11,74	2,49	1,65	19,55	18,27
Асимметрия	7,4	0,27	0,16	6,24	5,08	0,75
Эксцесс	108,49	4,47	3,82	-1,07	44	7,86

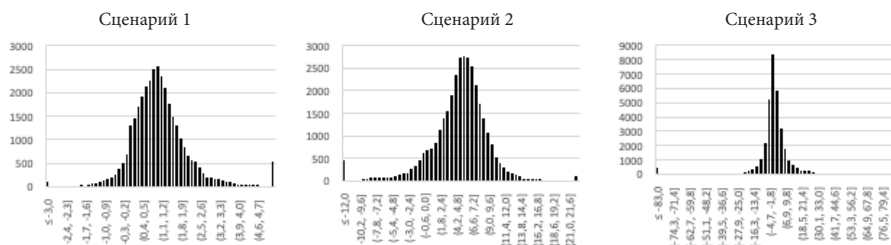
Источник: расчеты автора.

Говоря о факторах регрессии, можно отметить, что индекс рынка альтернативных инвестиций (МКТ2) и индекс рынка акций (МКТ3) в разы менее волатильны, чем индекс рынка криптовалют (МКТ1), что позволяет рассчитывать на бóльшую объясняющую способность последнего. Одновременно с этим индекс рынка криптовалют является в среднем и гораздо более доходным, отражая компенсацию за набор существенных рисков. При этом диапазоны доходностей портфелей по трем прокси-индексам увеличены в сторону негативных значений, что демонстрирует их подверженность периодическим рыночным кризисам и подтверждает важность учета фактора риска синхронного падения.

В значениях факторов SMB и WML также наблюдается существенный разброс в значениях — намного больший, чем обычно встречается для аналогичных факторов на рынке акций и рынках прочих традиционных активов. Как видно из распределения фактора SMB, доходности портфелей из малокапитализированных криптовалют чаще отставали от портфелей высококапитализированных криптовалют, но значительно превзошли их по совокупной доходности на горизонте выборки. Это говорит о том, что наименее популярные инструменты растут дискретно и при прочих равных имеют больший потенциал доходности. Из распределения фактора WML видно, что портфели из криптовалют с восходящим краткосрочным трендом были в среднем на 3,9% в неделю более доходны, чем портфели из инструментов с нисходящим трендом, что говорит о продолжительных отрезках сохранения ценовых трендов по криптовалютам. Таким образом, эти факторы для рынка криптовалют идейно повторяют их смысл для рынка акций: (1) при прочих равных условиях инструменты с низкой рыночной стоимостью имеют больший потенциал роста, чем инструменты с высокой капитализацией; (2) при прочих равных условиях инструменты, чья стоимость росла в последний месяц, имеют бóльшую ожидаемую доходность, чем инструменты, чья стоимость падала.

3. Результаты и их анализ

После обоснования методологии, формирования выборки и ее дескриптивного анализа перейдем к рассмотрению итогов регрессионного анализа. Агрегированные результаты оценивания индивидуальных чувствительностей криптовалют — первого шага регрессионного анализа — представлены на рис. 1–5.



Источник: расчеты автора.

Рис. 1. Индивидуальная чувствительность криптовалют к фактору DM

Fig. 1. Cryptocurrency Sensitivity to Factor DM by Scenario



Источник: расчеты автора.

Рис. 2. Индивидуальная чувствительность криптовалют к фактору UM

Fig. 2. Cryptocurrency Sensitivity to Factor UM by Scenario



Источник: расчеты автора.

Рис. 3. Индивидуальная чувствительность криптовалют к фактору M

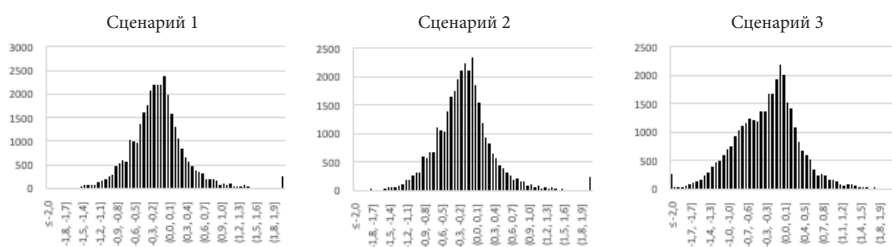
Fig. 3. Cryptocurrency Sensitivity to Factor M by Scenario



Источник: расчеты автора.

Рис. 4. Индивидуальная чувствительность криптовалют к фактору SMB

Fig. 4. Cryptocurrency Sensitivity to Factor SMB by Scenario



Источник: расчеты автора.

Рис. 5. Индивидуальная чувствительность криптовалют к фактору WML

Fig. 5. Cryptocurrency Sensitivity to Factor WML by Scenario

Коэффициенты, относящиеся к систематическому риску (b_i^{DM} , b_i^{UM} и b_i^M), сильно разнятся для трех предложенных сценариев определения референтного рынка. При измерении рыночного риска на основе индекса рынка криптовалют (сценарий 1) коэффициенты преимущественно положительные и в среднем близкие к единице, что говорит о синхронности ценовых движений криптовалют на различных стадиях цикла, включая периоды обрушения котировок. Это свидетельствует о неэффективности диверсификации портфеля криптовалют через позиции в других криптовалютах, поскольку появляются риски одновременного обесценения всего портфеля. В этом сценарии b_i^{DM} обладает большей дисперсией, чем b_i^M , что позволяет рассчитывать на большую объясняющую способность фактора риска синхронного падения по сравнению с традиционным фактором рыночного риска, учитывая волатильность доходностей индивидуальных криптовалют. Распределение b_i^{UM} , напротив, говорит о большом количестве значений-выбросов и предварительно подтверждает ожидания о слабом интересе инвесторов к корреляциям криптоактивов во время роста рынка.

При измерении рыночного риска на основе обобщенного индекса рынка альтернативных инвестиций (сценарий 2) коэффициенты

чувствительности к рыночному риску тоже преимущественно положительные, но значительно выше по модулю, чем в предыдущем случае, со средними значениями около 5. При этом степени чувствительности несколько ослабевают во время обесценения альтернативных активов, что может говорить о частичном перетоке вложений в криптовалюты в периоды турбулентности. Вместе с очень широкими диапазонами значений и наличием незначимых оценок коэффициентов чувствительности это говорит сразу о двух вещах: во-первых, криптовалюты имеют намного большую волатильность доходностей, чем иные формы альтернативных инвестиций, а во-вторых, доходности криптовалют лишь ограниченно связаны с динамикой товарных рынков, рынков недвижимости и фондов, относимых к альтернативным инвестициям. Иначе говоря, криптовалюты остаются для участников рынка скорее нишевым форматом альтернативных инвестиций, нежели общепринятым.

При использовании индекса рынка акций (сценарий 3) в качестве референтного чувствительности к формам рыночного риска получились ожидаемо не похожими ни друг на друга, ни на предыдущие два сценария. Из полученных оценок видно, что доходности криптовалют, как правило, отрицательно коррелируют с доходностями акций, причем эта связь сильнее в периоды роста на рынке акций, чем в периоды падения, когда изменения доходностей на двух рынках становятся почти зеркально противоположными. Последнее делает криптовалюты эффективным способом диверсификации для портфеля акций в ожидании обесценения бумаг. Это также может свидетельствовать о стремлении инвесторов получить положительные доходности на растущем рынке акций с более понятными, чем для криптовалют, фундаментальными факторами при готовности перераспределить вложения в пользу криптовалют при исчерпании потенциала роста акций. Диапазоны оценок коэффициентов в данном случае еще шире, чем при рассмотрении индекса альтернативных инвестиций в качестве референтного, что подтверждает меньший разброс доходностей акций по сравнению с формами альтернативных инвестиций и, в частности, по сравнению с криптовалютами.

Коэффициенты чувствительности к факторам SMB и WML оказались схожими во всех трех сценариях, что предварительно подтверждает их устойчивость и необходимость включения в модель для эффективного объяснения доходностей криптовалют наряду с факторами, относящимися к систематическому риску. Подобно результатам [Liu et al., 2022] оценки b^{SMB} преимущественно положительные (это означает, что доходности отдельных криптовалют больше повторяют динамику небольших криптоактивов, нежели динамику «голубых фишек» крипторынка, где возможны всплески повышенной рыночной активности), а оценки b^{WML} —

преимущественно отрицательные (это свидетельствует о том, что доходности отдельных криптовалют в случайный момент времени более коррелированы с динамикой наименее доходных инструментов последнего времени, чем с динамикой наиболее доходных). Эти обстоятельства разумно учитывать при выборе конкретных криптовалют для инвестирования из общего многообразия криптоактивов на рынке. При этом чувствительности к факторам SMB и WML по модулю, как правило, не превышают 0,2 (что вместе с результатами дескриптивного анализа говорит о том, что инвесторы обращают на них меньше внимания, чем на фактор рыночного риска).

В табл. 2 приводятся обобщенные результаты портфельного анализа, содержащие средние доходности по сформированным факторным портфелям для каждого из трех сценариев определения референтного рынка. В рамках каждого сценария рассматриваются три критерия распределения инструментов между портфелями на основе чувствительности к различным проявлениям систематического риска: в общем случае, в периоды падения рынка, в периоды роста рынка. В нижней строке табл. 2 содержатся усредненные разницы между доходностями пятого и первого портфелей, полярных с точки зрения чувствительности к рыночному риску.

Т а б л и ц а 2

Обобщенные результаты портфельного анализа (%)

T a b l e 2

Portfolio Analysis (%)

Портфель	Сценарий 1			Сценарий 2			Сценарий 3		
	b_i^M <i>sorting</i>	b_i^{DM} <i>sorting</i>	b_i^{UM} <i>sorting</i>	b_i^M <i>sorting</i>	b_i^{DM} <i>sorting</i>	b_i^{UM} <i>sorting</i>	b_i^M <i>sorting</i>	b_i^{DM} <i>sorting</i>	b_i^{UM} <i>sorting</i>
1	2,2	1,9	3,4	2,5	2,3	2,8	5,6	5,5	5,7
2	2,5	2,4	2,7	3,3	2,9	3,5	4,2	2,0	4,4
3	3,1	2,5	2,2	3,3	3,1	3,2	2,6	2,9	3,1
4	2,9	2,6	2,8	2,7	3,2	2,9	4,9	4,2	3,2
5	3,6	4,5	3,1	3,6	4,2	3,1	4,7	6,5	5,0
5–1	1,4	2,6**	–0,3	1,1	1,9**	0,3	–0,9	1,0	–0,7

Примечание. Здесь и далее в табл. 3 и 4 обозначения «*», «**» и «***» отражают значимость оценок для уровней значимости в 10, 5 и 1% соответственно с учетом корректировки ошибок по методу [Newey, West, 1994].
Источник: расчеты автора.

Монотонность — последовательный рост или снижение средней доходности с увеличением порядкового номера портфеля от 1 до 5 — наблюдается лишь в двух случаях (выделены в таблице 2 жирным шрифтом):

- 1) при использовании индекса рынка криптовалют в качестве референтного и формировании портфелей на основе «бет» синхронного падения средние доходности портфелей возрастают вместе с увеличением соответствующих «бет» по включенным в портфели инструментам;
- 2) при использовании индекса альтернативных инвестиций в качестве референтного и формировании портфелей на основе «бет» синхронного падения средние доходности портфелей возрастают вместе с увеличением соответствующих «бет» по включенным в портфели инструментам.

Эти же два примера формирования портфелей — единственные, которые характеризуются значимыми разностями между доходностями крайних портфелей, пятого и первого, в среднем равными 2,6 и 1,9% в неделю соответственно.

Таким образом, можно прийти к следующему заключению:

- 1) портфель криптовалют, наиболее коррелированных с индексом рынка криптовалют в периоды его обвала, стабильно более доходный, чем портфель криптовалют, наименее коррелированных с тем же индексом;
- 2) портфель криптовалют, наиболее коррелированных с обобщенным индексом альтернативных инвестиций в периоды его обвала, стабильно более доходный, чем портфель криптовалют, наименее коррелированных с тем же индексом;
- 3) корреляции криптовалют с индексом рынка акций, а также корреляции с любыми индексами при попадании в расчет периодов их роста не имеют очевидных связей с доходностями портфелей криптовалют.

Характерным для двух случаев с обнаруженной монотонностью является также то, что существенные различия в средних доходностях по сравнению с соседними портфелями наблюдаются для портфелей 1 и 5, тогда как средние доходности портфелей 2, 3 и 4 более близки друг к другу, что делает целесообразным фокус именно на крайних портфелях при реализации факторной стратегии, а также подтверждает пристальное внимание к фактору риска синхронного падения со стороны участников рынка.

Далее для двух случаев с обнаруженной монотонностью в доходностях портфелей необходимо провести дополнительный факторный анализ, чтобы определить, отражают ли результаты реальную связь доходностей с критерием формирования портфеля или являются совпадением. Как показывает набор дополнительно оцененных регрессий в табл. 3, разности в доходностях крайних

портфелей объясняются тем фактором, по которому происходило распределение инструментов между портфелями, лишь в первом случае: при использовании индекса рынка криптовалют в качестве референтного и «беты» синхронного падения в качестве критерия формирования портфелей повышенная доходность пятого портфеля по сравнению с первым действительно объясняется премией за риск синхронного с индексом обвала на портфельном уровне. Этот факт отражает желание инвесторов в криптовалюты минимизировать собственные потери при панических продажах на рынке криптовалют, что особенно актуально при недостаточной диверсификации портфеля через другие классы активов. При этом наилучшему объяснению разности в доходностях портфелей поддаются при одновременном рассмотрении фактора синхронного падения вместе с факторами SMB и WML, отраженном в модели из уравнения (13) и подтверждающем гипотезу о дополняющем значении SMB и WML в моделях.

В то же время различия в доходностях крайних портфелей, выявленные во втором случае, не демонстрируют значимых связей с рисками обвала на рынках альтернативных инвестиций, а вытекают из влияния ненаблюдаемых факторов.

Т а б л и ц а 3

Результаты портфельного анализа

T a b l e 3

Portfolio Analysis							
Модель	R^2_{adj}	a_p	b^M_p	b^{DM}_i	b^{UM}_i	b^{SMB}_i	b^{WML}_i
Использование индекса криптовалют в качестве прокси (сценарий 1), b^{DM}_i sorting							
8	0,01	0,024**	0,154	–	–	–	–
9	0,01	0,0353**	–	0,322***	0,034	–	–
10	0,04	0,052**	–	0,43***	–	–	–
11	0,03	0,02*	0,15	–	–	0,10	–0,01
12	0,02	0,032*	–	0,33***	0,02	0,10	–0,003
13	0,28	0,024	–	0,38***	–	0,31***	0,30***
Использование индекса альтернативных инвестиций в качестве прокси (сценарий 2), b^{DM}_i sorting							
8	0,002	0,019*	0,255	–	–	–	–
9	0,003	0,022	–	0,485	0,081	–	–
10	0,01	0,015	–	0,253	–	–	–
11	0,03	0,014	0,21	–	–	0,11**	0,012
12	0,03	0,019	–	0,55	–0,05	0,111**	0,015
13	0,10	0,007	–	0,47	–	0,189***	0,14

Источник: расчеты автора.

Таким образом, обнаруживается устойчивая положительная связь между доходностями портфелей криптовалют и их чувствительностями к риску обвала на рынке криптовалют: портфели наиболее подверженных синхронному обвалу инструментов являются наиболее доходными, поскольку инвесторы требуют повышенные премии к доходности за вложения в такие инструменты.

Сводные результаты кросс-секционного анализа, завершающего этапа регрессионного анализа, представлены в табл. 4. Для каждого из трех сценариев определения референтного рынка были поочередно протестированы шесть модельных спецификаций для выявления наиболее качественной при объяснении доходностей криптовалют по периодам и справедливой оценки риск-премий.

Т а б л и ц а 4
Результаты кросс-секционного анализа

T a b l e 4

Cross-sectional Analysis

Модель	R^2_{adj}	a_i	$Prem_i^M$	$Prem_i^{DM}$	$Prem_i^{UM}$	$Prem_i^{SMB}$	$Prem_i^{WML}$
Использование индекса криптовалют в качестве прокси (сценарий 1)							
14	0,12	0,030***	-0,001	-	-	-	-
15	0,17	0,026***	-	0,010**	-0,001	-	-
16	0,21	0,026**	-	0,011***	-	-	-
17	0,45	0,030***	-0,006	-	-	0,015**	0,021**
18	0,49	0,018**	-	0,013***	-0,002	0,017**	0,022**
19	0,54	0,015	-	0,013***	-	0,017**	0,022**
14	0,02	0,028***	0,001	-	-	-	-
Использование индекса альтернативных инвестиций в качестве прокси (сценарий 2)							
15	0,08	0,026***	-	0,001	0,0005	-	-
16	0,02	0,028***	-	0,001	-	-	-
17	0,11	0,027***	0,001	-	-	0,0098	-0,0038
18	0,16	0,025***	-	0,001	-0,0001	0,006	-0,003
19	0,12	0,026***	-	0,001	-	0,009	-0,003
Использование индекса акций в качестве прокси (сценарий 3)							
14	0,003	0,042***	-0,0002	-	-	-	-
15	0,05	0,044***	-	0,0003	0,0002	-	-
16	0,01	0,043***	-	0,001	-	-	-
17	0,09	0,041***	-0,0003	-	-	0,019	-0,01
18	0,13	0,041***	-	0,0003	0,0002	0,02	-0,004
19	0,09	0,042***	-	0,0001	-	0,011	-0,0034

Источник: расчеты автора.

Как видно по результатам оценки регрессионных моделей, лишь одна из них характеризуется незначимым свободным членом регрессии, свидетельствующим об отсутствии влияния неучтенных факторов. Это оцененная уравнением (19) трехфакторная спецификация на основе риска обвала на рынке криптовалют, SMB и WML, где каждый из факторов имеет статистическую значимость. То есть доходности индивидуальных криптовалют в случайный момент времени складываются в основном из компенсации за риск обвала на рынке криптовалют, а также из премий за фактор малой капитализации и фактор высоких прошлых доходностей. Эта же модель является и единственной, чья объясняющая способность, выраженная через R_{adj}^2 , превысила 50%, что можно считать хорошим показателем для подобных задач и существенно превышает качество трехфакторной модели [Liu et al., 2020], считавшейся оптимальной и использующей в качестве регрессоров фактор риска рынка криптовалют вместе с факторами SMB и WML. В совокупности с результатами портфельного анализа, рассмотренными ранее, это позволяет сделать окончательный вывод об оптимальности измерения рыночного риска криптовалют через риск обвала на рынке криптоактивов и об эффективности трехфакторной модели при описании доходностей криптовалют. Оцененная еженедельная премия к доходности за принятие риска синхронного падения криптовалют составила 1,3%, что при соотношении с коэффициентами чувствительности делает данный риск-фактор основным вкладчиком в итоговые доходности индивидуальных криптовалют. Премии за риски SMB и WML составили 1,7 и 2,2% в неделю соответственно, однако чувствительность криптоактивов к этим риск-факторам по модулю сравнительно невысока, ввиду чего они являются лишь второстепенными вкладчиками в итоговые доходности криптовалют.

В то же время, как и на этапе портфельного анализа, получается, что обобщенный индекс рынка альтернативных инвестиций и индекс рынка акций слабо подходят в качестве прокси для измерения систематического риска криптовалют, поскольку премии за эти виды риска не являются значимыми ни при рассмотрении в целом, ни при разделении на периоды роста или обвала соответствующего рынка. Это в очередной раз подтверждает, что агенты при формировании собственных ожиданий по доходностям криптовалют воспринимают рынок криптоактивов как обособленный и практически не ориентируются на происходящее на рынках прочих финансовых активов — как акций, представляющих традиционные финансовые активы и коррелирующих с экономическим развитием в широком смысле, так и разнообразных форм альтернативных инвестиций.

Заключение

В настоящей работе был впервые выполнен подробный анализ воздействия риска синхронного (с рынком) падения криптовалют на их доходности. Влияние этого риск-фактора рассматривалось сразу в нескольких плоскостях: с одной стороны, был проведен анализ крупных портфелей криптовалют с еженедельной ребалансировкой на пятилетнем горизонте, с другой — кросс-секционный анализ, отражающий премии по различным видам рисков на еженедельной основе для того же временного отрезка и набора инструментов. Было рассмотрено сразу три подхода к измерению рыночного риска криптовалют: через корреляцию с индексом рынка криптовалют, обобщенного рынка альтернативных инвестиций и рынка акций соответственно — для воссоздания реалистичных сценариев возможного инвестиционного выбора.

В результате проведенного анализа было выявлено, что доходности криптовалют очень чувствительны к риску обвала на рынке криптоактивов, в среднем демонстрируя почти идеальную корреляцию с индексом в периоды его падения. В этом смысле криптовалюты оказались схожи с традиционными классами финансовых активов, также демонстрирующих большую подверженность риску синхронного падения. Оцененная на периоде с 2014 по 2018 год премия за риск синхронного падения составила 1,3% в неделю на единицу риска и оказалась ключевым компонентом в доходностях криптовалют за этот период. Иными словами, инвестируя в криптовалюты, агенты прежде всего учитывают то, как эти активы ведут себя в моменты падения рынка, возникающие достаточно регулярно. За счет этого высокочувствительные к риску обвала на рынке криптовалют инструменты в среднем являются значительно более доходными, чем малочувствительные инструменты, отражая требуемую инвесторами компенсацию за принимаемый риск.

Закономерность, выявленная на уровне индивидуальных инструментов, подтверждается и на портфельном уровне: рассмотренная портфельная стратегия, состоящая в занятии длинной позиции по 20% наиболее чувствительных к риску синхронного падения криптовалют при одновременном занятии короткой позиции по 20% наименее чувствительных к риску синхронного падения криптовалют, продемонстрировала значимые положительные доходности, в среднем составившие 2,6% в неделю на проанализированном пятилетнем отрезке. Как было показано, этот феномен не может быть отнесен к сторонним факторам, что обуславливает значительный потенциал доходности стратегии при ее воспроизведении в будущем.

Дополнительно было определено, что в линейных моделях доходности криптовалют использование фактора риска синхронного паде-

ния вместо традиционного фактора рыночного риска приводит к росту объясняющей способности моделей. Так, наиболее качественной из рассмотренных спецификаций стала модель, объединяющая в себе три фактора: риск синхронного падения, SMB и WML, — причем эта модель способна объяснить более 50% дисперсии кросс-секционных доходностей одновременно с отсутствием ненаблюдаемых эффектов и превосходит ранее представленные в литературе спецификации.

При этом попытки измерения систематического риска криптовалют через индексы сторонних рынков — обобщенный индекс альтернативных инвестиций и индекс акций — не увенчались успехом, продемонстрировав отсутствие стабильных корреляций и незначимые риск-премии, что говорит о сохраняющейся автономности криптовалют в глазах инвесторов и их особом месте в линейке доступных финансовых инструментов. Иными словами, инвестируя в криптовалюты, инвесторы не ориентируются на динамику прочих финансовых активов, не воспринимая их в качестве замены позициям в криптоактивах.

Таким образом, результаты исследования подчеркивают важность учета риска синхронного падения при анализе доходностей криптовалют и дают возможность выработать как практические, так и теоретические рекомендации. Практические рекомендации состоят в том, что риск рыночного обвала является ключевым фактором итоговой доходности криптовалют, а потому «бета» синхронного падения должна выступать ключевым риск-таргетом при определении параметров будущего инвестиционного портфеля криптовалют, превосходя в этом качестве классическую рыночную «бету». При этом инструменты с высокими «бетами» синхронного падения, как правило, содержат ценовые дисконты и имеют больший потенциал доходностей по сравнению с менее чувствительными к риску обвала инструментами, что подтверждается их системно более высокими историческими доходностями. Теоретические рекомендации заключаются в том, что риск обвала на рынке криптовалют как риск-фактор должен включаться в состав регрессоров при последующих разработках моделей доходности криптовалют, поскольку имеет самую высокую объясняющую способность среди метрик рыночного риска криптоактивов, не покрывается иными риск-факторами и приводит к повышению качества линейных моделей ценообразования.

Возможности для дальнейших исследований видятся прежде всего в проведении большей кластеризации криптовалют и последующем рассмотрении их групповых свойств, включая подверженность специфическим рискам. Нельзя исключать, что разные инструменты распространены среди принципиально разных групп инвесторов, а потому релевантные риск-факторы могут быть различны для каждой из выделенных подгрупп инструмен-

тов. Кроме того, как отмечалось, криптовалюты имеют спекулятивную природу, ввиду чего актуально рассмотрение влияния сентимента и масштабных разовых факторов на их доходности.

References

1. Abbas Q., Ayub U., Sargana S. M., Saeed S. K. From Regular-Beta CAPM to Downside-Beta CAPM. *European Journal of Social Sciences*, 2011, vol. 21, no. 2, pp. 189-203.
2. Andrianto Y., Diputra Y. The Effect of Cryptocurrency on Investment Portfolio Effectiveness. *Journal of Finance and Accounting*, 2017, vol. 5, no. 6, pp. 229-238. DOI: 10.11648/j.jfa.20170506.14.
3. Ang A., Chen J., Xing Y. Downside Risk. *The Review of Financial Studies*, 2006, vol. 19, no. 4, pp. 1191-1239. DOI: 10.1093/rfs/hhj035.
4. Belitski M., Boreiko D. Success Factors of Initial Coin Offerings. *The Journal of Technology Transfer*, 2021, vol. 47, no. 6, pp. 1690-1706. DOI: 10.1007/s10961-021-09894-x.
5. Boido C., Fasano A. Alternative Assets: A Comparison Between Commodities and Traditional Asset Classes. *ICFAI Journal of Derivatives Markets*, 2009, vol. 6, no. 2, pp. 74-105.
6. Dickey D. A., Fuller W. A. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 1979, vol. 74, no. 366a, pp. 427-431. DOI: 10.1080/01621459.1979.10482531.
7. Dobrynskaya V. Downside Market Risks of Carry Trades. *Review of Finance*, 2014, vol. 18, no. 5, pp. 1885-1913. DOI: 10.1093/rof/rfu004.
8. Fama E. F., Macbeth J. D. Risk, Return, and Equilibrium: Empirical Tests. *The Journal of Political Economy*, 1973, vol. 81, no. 3, pp. 607-636. DOI: 10.1086/260061.
9. Gilbert S., Loi H. Digital Currency Risk. *International Journal of Economics and Finance*, 2018, vol. 10, no. 2, pp. 108-123. DOI: 10.5539/IJEF.V10N2P108.
10. Gul F. A Theory of Disappointment Aversion. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1991, vol. 59, no. 3, pp. 667-686. DOI: 10.2307/2938223.
11. Hausman J. A. Specification Tests in Econometrics. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1978, vol. 46, no. 6, pp. 1251-1271. DOI: 10.2307/1913827.
12. Kahneman D., Tversky A. Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk. *Econometrica*, 1979, vol. 52, no. 4, pp. 263-291. DOI: 10.1142/9789814417358_0006.
13. Lettau M., Maggiori M., Weber M. Conditional Risk Premia in Currency Markets and Other Asset Classes. *Journal of Financial Economics*, 2014, vol. 114, no. 2, pp. 197-225. DOI: 10.1016/j.jfineco.2014.07.001.
14. Liu W., Liang X., Cui W. Common Risk Factors in the Returns on Cryptocurrencies. *Economic Modelling*, 2020, vol. 86, pp. 299-325. DOI: 10.1016/j.econmod.2019.09.035.
15. Liu Y., Tsyvinski A. Risks and Returns of Cryptocurrency. *The Review of Financial Studies*, 2021, vol. 34, no. 6, pp. 2689-2727. DOI: 10.1093/rfs/hhaa113.
16. Liu Y., Tsyvinski A., Wu X. Common Risk Factors in Cryptocurrency. *The Journal of Finance*, 2022, vol. 77, no. 2, pp. 1133-1177. DOI: 10.1111/jofi.13119.
17. Makarov I., Schoar A. Trading and Arbitrage in Cryptocurrency Markets. *Journal of Financial Economics*, 2020, vol. 135, no. 2, pp. 293-319. DOI: 10.1016/j.jfineco.2019.07.001.
18. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronic Cash System. *Decentralized Business Review*, 2008, art. 21260.
19. Newey W. K., West K. D. Automatic Lag Selection in Covariance Matrix Estimation. *The Review of Economic Studies*, 1994, vol. 61, no. 4, pp. 631-653. DOI: 10.2307/2297912.
20. Roy A. Safety First and the Holding of Assets. *Econometrica*, 1952, vol. 20, no. 3, pp. 431-449. DOI: 10.2307/1907413.
21. Yermack D. Is Bitcoin a Real Currency? An Economic Appraisal. In: *Handbook of Digital Currency*. New York, 2015, pp. 31-43. DOI: 10.1016/B978-0-12-802117-0.00002-3.
22. Zhang W., Li Y., Xiong X., Wang P. Downside Risk and the Cross-Section of Cryptocurrency Returns. *Journal of Banking and Finance*, 2021, vol. 133, pp. 106246. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2021.106246.