

## **Кластеризация волатильности доходности акций на Российском рынке: сговоры и рыночная неэффективность**

Нагапетян А.Р.

**Ключевые слова:** асимметрия односторонних коэффициентов чувствительности, кластеризация волатильности, сговор, ГЭР, модель ценообразования капитальных активов, арбитраж

### **Введение.**

Основным объектом торговых отношений на современном рынке финансового предпринимательства представляются финансовые риски. Развитие соответствующего сегмента экономики развивающихся рынков имеет решающее значение в контексте стимулирования их инвестиционной привлекательности как для внутренних, так и внешних инвестиционных процессов. Способность соответствующих рынков выражать эффекты агрегированных информационных потоков в динамике цен инвестиционных активов является необходимым условием поддержания благоприятного инвестиционного климата. Явление кластеризации волатильности в динамике доходности различных финансовых инструментов, отражающие неслучайную природу наблюдаемой волатильности в различные периоды времени, является элементом информационной неэффективности, в том числе влияющей на величину транзакционных издержек ведения бизнеса в рассматриваемой сфере. В данной работе мы рассматриваем различные подходы к моделированию кластеризации волатильности в разных сегментах финансового рынка РФ.

### **Постановка исследовательского вопроса осуществлена следующим образом:**

Являются ли динамика односторонних коэффициентов чувствительности активов к рыночным изменениям и ее асимметрия значимыми факторами факторов при прогнозировании и интерпретации волатильности доходности акций на основе явления кластеризации волатильности?

### **Теоретическая основа исследования.**

Управление рисками, так называемый риск-менеджмент, представляется нам одним из краеугольных камней всей финансовой науки. В основе большинства подходов к прогнозированию волатильности доходности активов, как общепринятого показателя уровня, принимаемого инвестором риска, лежит явление кластеризации волатильности. Строго говоря, если бы не это явление, сама возможность прогнозирования рисков была бы значительно затруднена. С другой стороны, именно здесь возникает одна из теоретических проблем в форме противоречия следствий между гипотезой информационной эффективности рынков, существующими равновесными и эмпирическими моделями ценообразования активов и фактом реального наличия явления кластеризации волатильности, которое мы наблюдаем на практике. Прежде всего с точки зрения теории данное явление не должно наблюдаться. Если вся существующая информация отражена в цене актива на текущий момент, тогда на ее будущие изменения влияет лишь вновь поступающая будущая информация, а, следовательно, будущие значения волатильности не должны быть связаны с прошлыми значениями. Фактически посредством исследования экономической и финансовой природы явления кластеризации волатильности мы пытаемся внести вклад в сфере описания процессов согласованной имплементации рыночной информации в цене активов. Вопросам исследования и формирования основных постулатов неоклассической финансовой школы посвящены научные труды зарубежных исследователей, таких как Марковиц, Самуэльсон, Мандельброт, Шарп, Фама, Росс, Мертон, Блэк, Шоулз, Кохран, Ролл, Кутнер, Тобин, Хагерман и др. В ходе предложения своих гипотез мы воспользуемся результатами и идеями представителей поведенческой финансовой школы, в том числе Канемана, Тверски, Тейлора, Шиллера, Ло и др. Важное значение для подходов к тестированию гипотез в сфере финансовых отношений имеют работы Башелье, Энгла, Bollersleva, Грейнджера, Хансена, Кендалла и др. финансистов,

создавших соответствующий методологический инструментарий аргументации положений в рассматриваемой нами научной сфере.

#### **Авторские гипотезы:**

##### **Авторская гипотеза №1**

Существует асимметрия в динамике односторонних коэффициентов чувствительности активов к рыночным изменениям.

##### **Авторская гипотеза №2**

Динамика односторонних коэффициентов чувствительности активов к рыночным изменениям является значимым фактором в контексте прогнозирования и интерпретации волатильности доходности акций на основе явления кластеризации волатильности.

##### **Авторская гипотеза №3**

Асимметрия в динамике односторонних коэффициентов чувствительности активов к рыночным изменениям является значимым фактором в контексте прогнозирования и интерпретации волатильности доходности акций на основе явления кластеризации волатильности.

#### **Предварительные замечания:**

Вопросы Тейлора:

За какую максимальную стоимость инвестор готов приобрести актив?

За какую минимальную стоимость инвестор готов продать данный актив? (короткие продажи)

У каждого инвестора формируется индивидуальный интервал оценок (границы которого могут быть определены ответами на вопросы Тейлора), далее на их основе складывается рыночный интервал, который и определяет меру согласованности имплементации информации об активе в ее рыночной цене. Если все инвесторы уверены в собственных оценках (т.е. в том, как именно известная им информация должна влиять на цену актива) и эти оценки согласованы между собой, то и рыночный интервал будет относительно мал. Если же у инвесторов есть сомнения, каким именно образом имеющаяся информация должна определять цену актива, то и соответствующий рыночный интервал будет широким. Речь идет о том, что если инвестор не доверяет своей оценке, то при покупке он будет бояться переплатить и поэтому максимальная цена, по которой он будет готов купить будет относительно низка, и наоборот, при необходимости продать актив он будет требовать высокую цену, ведь есть высокая вероятность его недооценки. Но в таком случае мы можем сделать вывод, что если инвесторы не уверены в своих оценках сегодня, свидетельством чего служит широкий рыночный интервал, то и вероятность того, что цена в рассматриваемом периоде изменится будет при прочих равных условиях выше по сравнению со случаем, когда инвесторы уверены в своих оценках.

Второй фактор, также влияющий на будущую волатильность с одной стороны, но также являющийся признаком наличия арбитражных операций и возможных сговоров, это наличие асимметрии место нахождения текущей цены по отношению к середине соответствующего рыночного интервала. Представим, что мы можем оценить рыночный интервал для определенного актива за определённый период времени, и мы знаем, что внутри интервала цена будет вести себя согласно закону о случайном блуждании, но что, если мы обнаружим, что текущая цена сильно близка к одному из концов данного интервала. Где здесь арбитраж и почему возникают подозрения на сговор участников рынка? Тот факт, что текущая цена находится ближе к верхнему интервалу рыночной оценки, говорит о том, что в последующем периоде цена может вырасти лишь на небольшую величину (т.к. близка верхняя граница), а снизиться может на относительно более высокую величину, ведь нижняя граница находится далеко. Если что-то может в цене вырасти мало, а упасть много, то этот объект нужно продавать в короткую и наоборот, если найдется актив, чья цена находится ближе к нижнему интервалу, то его стоит приобрести. А если сделать эти две операции одновременно, то речь уже пойдет об арбитражной

операции, т.к. вне зависимости куда пойдет рынок, каждой величине потерь в одной из операций соответствует более высокая величина потенциальных выгод в другой операции.

Фактически в авторских гипотезах утверждается то, что в случае, когда, рынок не в состоянии осуществить согласованную имплементацию накопившейся информации в цене актива (что также означает то, что инвесторы не в состоянии определить, как именно существующая информация должна быть отражена в цене актива) возникает явление кластеризации волатильности. А вводимые нами категории рыночного интервала и соответствующей асимметрии местонахождения текущей цены по отношению к ней представляются факторами, определяющими меру согласованной имплементации накопившейся информации в цене актива.

#### **Методология тестирования:**

Ранее, мы привели интуитивное объяснение вводимых нами переменных. Но как же посчитать индивидуальные интервалы оценок отдельных инвесторов и соответствующий им рыночный интервал, и конечно же, саму асимметрию?

Для этого мы предлагаем рассчитывать односторонние коэффициенты чувствительности активов к положительным и отрицательным рыночным изменениям. Речь идет о модификации известного бета-коэффициента. Так односторонний коэффициент чувствительности актива к положительным (отрицательным) рыночным изменениям показывает на сколько процентных пунктов изменится доходность при повышении (снижении) рыночной доходности на один процентный пункт. Основная идея в следующем, конечно невозможно рассчитать индивидуальные интервалы оценок всех инвесторов, это вероятно нельзя сделать даже потому, что сами инвесторы не всегда знают о них. Но мы можем попытаться оценить рыночный интервал оценки, как сумму односторонних коэффициентов чувствительности актива к положительным и отрицательным рыночным изменениям. Почему мы считаем, что данные коэффициенты отражают границы данного рыночного интервала? Для этого достаточно проследить за следующими причинно-следственными связями. Что означает собственно утверждение о том, что при росте величины рыночной доходности на один процентный пункт, доходность актива растет на 3 процентных пункта? Это прежде всего утверждение о том, что доходность бумаги на может увеличиваться более чем на 3 процентных пункта. А почему не может? Наверное, потому, что каждый раз, когда это происходит, инвестор начинают продавать данный актив не допуская нахождения его выше чем три процентных пункта. Но ведь это то же самое рассуждение, которое мы ранее приводили в случае интерпретации логики верхнего интервала рыночной оценки. Аналогичные рассуждения позволяют нам указывать на возможность определения нижней границы рыночного интервала оценок, с помощью одностороннего коэффициента чувствительности актива к отрицательным рыночным изменениям.

А второй фактор, отражающий асимметрию местонахождения текущей цены актива по отношению к середине рыночного интервала можно идентифицировать, как асимметрию между искомыми нами коэффициентами чувствительности актива к положительным и отрицательным рыночным изменениям. Как мы ранее показывали соответствующая асимметрия говорит о том, что текущая цена находится близка к одному из концов рыночного интервала, что и приводит к тому, что цена актива может вырасти на достаточно большую величину, а снизиться лишь незначительно (например, если текущая цена актива находится близка с нижней границе рыночного интервала), но именно такой вывод можно сделать в случае если односторонний коэффициент чувствительности актива к отрицательным рыночным изменениям меньше чем коэффициент чувствительности актива к положительным рыночным изменениям на большую величину.

Расчет односторонних коэффициентов чувствительности доходности рассматриваемых в работе активов к рыночным изменениям будет проводиться по формуле 1.

$$E_t^i = \beta_0 + \beta_1^+ \delta^+ E_t^M + \beta_{12}^- \delta^- E_t^M + u_t, \quad (1)$$

где,  $E_t^i$  и  $E_t^M$  - доходности рассматриваемого актива и рыночного индекса в период  $t$ ;  $\delta^+$ ,  $\delta^-$  - дамми-переменные, демонстрирующие различные возможные комбинации изменения цен рассматриваемого актива и рыночного индекса;  $\beta_1^+$ ,  $\beta_2^-$  - коэффициенты, отражающие различную чувствительность активов к рыночным изменениям.

В рамках тестирования гипотезы №1, наличие асимметрии будет выявляться посредством проведения теста Чоу, проверяющего равенство коэффициентов  $\beta_t^+$  и  $\beta_t^-$  при 5% уровне значимости.

Для проверки авторских гипотез №2 и №3 будет проверяться значимость коэффициентов при сформированных переменных  $a_1$  и  $a_2$  по формуле 2.

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \sigma_{t-1}^2 + \alpha_2 a_{1t} + \alpha_3 a_{2t} + \varepsilon_t, \quad (2)$$

где,  $\sigma_t^2$  – величина реализованной волатильности день  $t$  (формула 3),  $a_1 = (\beta_1^+ + \beta_2^-)$  – переменная, отражающая динамику односторонних коэффициентов чувствительности доходности акций к рыночным изменениям, а  $a_2$  – дамми-переменная, отражающая асимметрию односторонних коэффициентов чувствительности доходности акций к рыночным изменениям, рассчитанная на основе теста Чоу и принимающая значение 0 в случае отсутствия асимметрии в динамике односторонних коэффициентов чувствительности активов к рыночным изменениям и значение 1 в случае наличия такового.

$$\sigma_t^2 = \sum_{n=1}^{N_t} r_{n,t}^2 \quad (3)$$

где,  $r_{n,t}^2$  – квадрат логарифмической доходности в момент  $n$  дня  $t$ .

Полученные результаты, некоторые из которых представлены в таблицах 1 и 2, демонстрируют, что авторская гипотеза №1 о наличии асимметрии в динамике односторонних коэффициентов чувствительности активов к рыночным изменениям полностью подтверждается.

Таблица 1 – Основные характеристики показателя реализованной волатильности и коэффициентов  $\beta^+$  и  $\beta^-$  для рассматриваемых активов в период с 2012 по 2016 гг.

Наименование актива	$\overline{\sigma_t^2}$	$\sigma_{\sigma_t^2}$	$\overline{\beta^+}$	$\sigma_{\beta^+}$	$\overline{\beta^-}$	$\sigma_{\beta^-}$
ROSN	0.0003651	0.0005528	1.071069	0.4936213	1.07367	0.52737
GAZP	0.0003051	0.0006503	1.108574	0.359735	1.12744	0.41152
LKOH	0.0003711	0.0007407	1.144711	0.4082722	1.18606	0.40752
NVTK	0.000543	0.0010539	1.247769	0.5688138	1.22526	0.62201
TRNFP	0.0007218	0.0014664	.9884239	0.92402	0.99194	0.83695
SBER	0.0004438	0.0008709	1.276775	0.4739003	1.24672	0.4189
VTBR	0.0004663	0.001038	0.9769949	0.6700074	0.94872	0.55497
MOEX	0.0004779	0.0008165	0.6328143	0.7316019	0.64456	0.66423
AFKS	0.0017284	0.0105971	0.8184867	1.104307	0.78472	1.21589
GMKN	0.0003644	0.0007337	0.862931	0.5346577	0.81816	0.49846
MAGN	0.0007139	0.001351	0.6227908	0.8096052	0.53014	0.77759
CHMF	0.0004683	0.0008011	0.8520988	0.6803161	0.80639	0.67546
ALRS	0.0006885	0.0013728	0.5745551	0.8173787	0.60228	0.74136
NLMK	0.0005444	0.0008364	0.7775846	0.7056232	0.86717	0.62723
MGNT	0.0005096	0.0008872	0.9679691	0.6744232	1.02786	0.64637

MTSS	0.0005314	0.0014001	0.8557457	0.769589	0.87052	0.68259
MFON	0.0008055	0.0014914	0.4575282	0.7870025	0.52587	0.85628
RTKM	0.0004634	0.001191	0.6978053	0.6082735	0.68552	0.65526

[Составлено автором]

Согласно полученным данным средняя величина реализованной волатильности в рассматриваемой выборке составляет 0.000583994, при этом наиболее высокий уровень за рассматриваемый период наблюдался у AFKS. А один из наиболее низких значений данного показателя наблюдается у GAZP.

В таблице 2 приведены основные характеристики сформированных переменных  $a_1$  и  $a_2$  для рассматриваемых активов в период с 2012 по 2016 гг.

Таблица 2 – Основные характеристики сформированных переменных  $a_1$  и  $a_2$  для рассматриваемых активов в период с 2012 по 2016 гг.

Наименование актива	$\bar{a}_1$	$\sigma_{a_1}$	$N(\beta^+ > \beta^-)$	$w(\beta^+ > \beta^-)$	$N(a_2 = 1)$	$\%(a_2 = 1)$
ROSN	2.144741	0.6106148	367	50	123	17
GAZP	2.236016	0.4840251	341	47	120	16
LKOH	2.330774	0.5276455	363	49	134	18
NVTK	2.473027	0.7557301	379	52	144	20
TRNFP	1.980368	1.114968	355	48	133	18
SBER	2.523497	0.5994306	370	50	156	21
VTBR	1.925715	0.7916395	379	51	125	17
MOEX	1.277371	0.7965382	375	51	123	17
AFKS	1.603206	1.499189	387	52	107	14
GMKN	1.681092	0.6136549	383	52	130	18
MAGN	1.152934	0.9621415	380	51	108	15
CHMF	1.658485	0.8197556	378	51	141	19
ALRS	1.176838	0.9329561	355	48	130	17
NLMK	1.644752	0.8296762	328	44	102	14
MGNT	1.995831	0.7975821	351	47	103	14
MTSS	1.726269	0.9001061	388	52	137	18
MFON	0.9834012	1.095913	339	45	94	13
RTKM	1.383327	0.7991874	376	50	127	17

[Составлено автором]

Во втором столбце таблицы 2 приведено количество дней, когда сформированная дамми-переменная  $a_2$  принимала значение 1, что обозначает, что в этот день наблюдалась асимметрия, односторонних коэффициентов чувствительности доходности акций к рыночным изменениям, рассчитанная на основе теста Чоу.

В таблице 3 приведены значения коэффициентов регрессии при переменных  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  для рассматриваемых активов в период с по 2016 г.

Таблица 3 - Значения коэффициентов регрессии при переменных  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  для рассматриваемых активов в период с 2014 по 2016 г. (\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ )

Наименование актива	$\alpha_1$	$\alpha_2$
ROSN	0.00013 (4.82)**	0.00011 (1.63)
GAZP	0.00024 (3.22)**	0.000092 (1.23)
LKOH	0.0002	0.00009

	(2.92)**	(1.81)
NVTK	0.00019 (3.20)**	0.00005 (0.46)
TRNFP	0.00025 (7.41)**	0.00006 (0.41)
SBER	0.00018 (3.15)**	0.00025 (2.58)**
VTBR	0.00018 (3.15)**	0.00025 (2.58)**
MOEX	0.00011 (4.68)**	0.00017 (2.74)**
AFKS	0.003 (30.88)**	0.00017 (0.19)
GMKN	0.00016 (4.59)**	0.00004 (0.49)
MAGN	0.0003 (4.57)**	0.001 (2.77)**
CHMF	0.0001 (1.91)	-0.00002 (0.12)
ALRS	0.00023 (4.92)**	0.00006 (0.58)
NLMK	0.00015 (2.67)**	0.00011 (1.01)
MGNT	0.00019 (6.69)**	-0.00003 (0.18)
MTSS	0.00027 (8.04)**	0.00047 (3.57)**
MFON	0.00018 (3.45)**	0.0002 (2.02)*
RTKM	0.00023 (3.76)**	0.0002 (1.92)

[Составлено автором]

Для большинства акций, рассмотрение введенных нами факторов интерпретации волатильности на основе явления кластеризации волатильности доходности, позволяет говорить о значимости соответствующих коэффициентов регрессии на уровне значимости 90 ил 95%, а в некоторых случаях даже 99%. Учитывая тот факт, что все рассматриваемые данные были прологарифмированы и в ходе их обработки полностью исключена возможность их нестационарности, ввиду чего произошла потеря части волатильности, из-за чего в некоторых случаях мы наблюдали незначимость соответствующих коэффициентов. Однако важно отметить, что практически всегда рассматриваемые коэффициенты имели знаки, позволяющие верно интерпретировать причинно-следственные связи, которые были ранее нами сформированы в виде гипотез. **Таким образом свое подтверждение получили авторские гипотезы №2 и №3.**

Модель GARCH (p, q) может быть представлена в следующем виде (формула 4).

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \alpha_2 u_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p u_{t-m}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_q \sigma_{t-n}^2 \quad (4)$$

где,  $\omega = \gamma V_l$ ,  $V_l$  есть константа, характеризующая, значение долгосрочной дисперсии;  $\sigma_t^2$  квадрат волатильности (дисперсия) рыночного показателя в n-й день;  $u_{t-1}^2$  квадрат последнего относительного изменения рыночного показателя;

Таблица 4 - Значения коэффициентов  $\gamma$ ,  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ,  $V_l$ , для рассматриваемых активов в период с 2012 по 2016 г.

Наименование актива	$V_l$ ,	$\gamma$	$\alpha_1$	$\beta_1$
ROSN	1.4142	0.01	0.03	0.96
GAZP	1.5275	0.03	0.04	0.93
LKOH	-	0.00	0.07	0.93
NVTK	1.8708	0.04	0.08	0.88
TRNFP	-	0.00	0.09	0.91
SBER	2.2361	0.02	0.07	0.91
VTBR	2.4495	0.01	0.09	0.90
MOEX	2.1213	0.02	0.03	0.95
AFKS	2.6186	0.07	0.21	0.72
CBOM	0.8660	0.16	0.28	0.56
GMKN	1.5811	0.02	0.04	0.94
MAGN	2.3452	0.02	0.07	0.91
CHMF	2.0000	0.03	0.04	0.93
ALRS	-	-	0.16	0.88
NLMK	2.0702	0.07	0.05	0.88
MGNT	2.1026	0.19	0.14	0.67
LNTA	2.1794	0.04	0.11	0.85
AGRO	4.1433	0.06	0.35	0.59
MVID	2.4900	0.05	0.06	0.89
GCHE	2.6458	0.02	0.14	0.84
MTSS	1.8708	0.02	0.04	0.94
MFON	1.9365	0.04	0.09	0.87
RTKM	2.0000	0.01	0.08	0.91
MGTSP	4.6771	0.08	0.45	0.47
TTLK	-	-	1.00	0.42

[Составлено автором]

### Обсуждение полученных результатов и заключение

Наши результаты демонстрируют значимость динамики односторонних коэффициентов чувствительности активов к рыночным изменениям и их при прогнозировании и интерпретации волатильности доходности акций на основе явления кластеризации волатильности. Использование введенных переменных в различных моделях интерпретации и прогнозирования волатильности активов, позволит значительно сократить арбитражные возможности на рынке, усиливая информационную эффективность последнего. Соответственно, на основе полученных результатов можно предложить к рассмотрению необходимое условие отсутствия арбитража на рынке, нарушение которого создает соответствующие арбитражные возможности, и может служить индикатором, демонстрирующим сговоры на финансовом рынке (формула 5).

$$\frac{\beta_i^+}{\beta_i^-} = \frac{\beta_j^+}{\beta_j^-} = 1 \quad (5)$$

где,  $\beta_i^+$  ( $\beta_j^+$ ),  $\beta_i^-$  ( $\beta_j^-$ ) - коэффициенты, отражающие различную чувствительность активов к положительным и отрицательным рыночным изменениям для актива  $i(j)$ .

### Направления дальнейших исследований.

На основе полученных результатов авторы работают над разделением явлений кластеризации волатильности на микроуровне и на макроуровне, описания механизма трансформации кластеризации волатильности доходности отдельных активов в кластеризацию волатильности рыночной доходности, отличающийся от аналогов рассмотрением динамики показателя диверсификационного потенциала на основе финансовых сетей.