

## Приложение В

Исследование и разработка математических методов и алгоритмов для интеллектуальной системы анализа данных (подсистемы прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки) по теме: «Выявление экзогенных факторов, оказывающих влияние на прогнозные объемы железнодорожных перевозок и повышение релевантности экзогенных факторов»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР "ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ"  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК " (ФИЦ ИУ РАН)

УТВЕРЖДАЮ  
*Директор ФИЦ ИУ РАН*

\_\_\_\_\_ Соколов И. А.

\_\_\_\_\_ 2015 г.

### ОТЧЕТ

#### О ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Исследование и разработка математических методов и алгоритмов для интеллектуальной системы анализа данных (подсистемы прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки)  
по теме:

**ВЫЯВЛЕНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ  
НА ПРОГНОЗНЫЕ ОБЪЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК И  
ПОВЫШЕНИЕ РЕЛЕВАНТНОСТИ ЭКЗОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

Руководитель работ

\_\_\_\_\_

К.В. Рудаков

Москва 2015

### Аннотация

В этом документе приведены результаты дополнительных исследований по выявлению экзогенных факторов, оказывающих влияние на прогнозные объемы железнодорожных перевозок, и повышению релевантности экзогенных факторов и номенклатуры грузов.

Представлены результаты серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки и экзогенных факторов с помощью макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с использованием результатов экспертной оценки по анализу взаимосвязей между внешними факторами и объемами перевозок, основанному на статическом тесте Грейнджера и выявленных автоматически.

Представлены результаты серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки и экзогенных факторов с помощью макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки для сравнения значений спрогнозированных объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки со значениями контрольной выборки данных об объемах спроса на грузовые железнодорожные перевозки и сравнения ошибки прогнозирования предложенной модели с ошибкой прогнозирования модели ARMA на контрольной выборке данных с использованием результатов экспертной оценки по анализу взаимосвязей между внешними факторами и объемами перевозок, основанному на статистическом тесте Грейнджера и выявленных автоматически.

Представлены результаты серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объёмов спроса на грузовые железнодорожные перевозки на модельных исходных данных объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки и экзогенных факторов с помощью макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с использованием дополнительного набора экзогенных факторов.

Представлены результаты серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки и экзогенных факторов с помощью макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки для сравнения значений спрогнозированных объемов

спроса на грузовые железнодорожные перевозки со значениями контрольной выборки данных об объема спроса на грузовые железнодорожные перевозки и сравнения ошибки прогнозирования предложенной модели с ошибкой прогнозирования модели ARMA на контрольной выборке данных с использованием дополнительного набора экзогенных факторов.

## СОДЕРЖАНИЕ

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| V.1     | Выявление экзогенных факторов, оказывающих влияние на прогнозные объемы железнодорожных перевозок, повышение релевантности экзогенных факторов и номенклатуры грузов.....   | 222 |
| V.1.1   | Повышение релевантности экзогенных факторов и номенклатры грузов ...  | 222 |
| V.1.1.1 | Проверка результатов автоматической разметки экспертами .....   | 222 |
| V.1.2   | Выявление экзогенных факторов, оказывающих влияние на прогнозные объемы железнодорожных перевозок .....   | 223 |
| V.1.3   | Выводы .....  | 224 |
| V.2     | Проведение серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объёмов спроса на грузовые железнодорожные перевозки на модельных исходных данных объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки и экзогенных факторов с помощью макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с использованием результатов экспертной оценки по анализу взаимосвязей между внешними факторами и объемами перевозок, основанному на статистическом тесте Грейнджера и выявленных автоматически .....                          | 225 |
| V.2.1   | Результаты вычислительных экспериментов .....   | 225 |
| V.2.2   | Оценка результатов прогнозов.....   | 298 |
| V.2.3   | Выводы .....  | 298 |
| V.3     | Проведение серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объёмов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с использованием макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки для сравнения значений спрогнозированных объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки со значениями контрольной выборки данных об объемах спроса на грузовые железнодорожные перевозки и сравнения ошибки прогнозирования предложенной модели с ошибкой прогнозирования модели ARMA на контрольной выборке данных ..... | 300 |
| V.3.1   | Результаты вычислительных экспериментов .....   | 300 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| В.3.2 | Оценка ошибок прогнозов, полученных с помощью модуля прогнозирования и по модели ARMA, относительно контрольной выборки данных об объемах спроса на ГП.....   | 310 |
| В.3.3 | Выводы .....  | 311 |
| В.4   | Проведение серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объёмов спроса на грузовые железнодорожные перевозки на модельных исходных данных объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки и экзогенных факторов с помощью макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с использованием дополнительного набора экзогенных факторов.....   | 313 |
| В.4.1 | Результаты вычислительных экспериментов .....   | 313 |
| В.4.2 | Оценка результатов прогнозов.....   | 381 |
| В.4.3 | Выводы .....  | 381 |
| В.5   | Проведение серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объёмов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с использованием макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки для сравнения значений спрогнозированных объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки со значениями контрольной выборки данных об объемах спроса на грузовые железнодорожные перевозки и сравнения ошибки прогнозирования предложенной модели с ошибкой прогнозирования модели ARMA на контрольной выборке данных ..... | 383 |
| В.5.1 | Результаты вычислительных экспериментов .....   | 383 |
| В.5.2 | Оценка ошибок прогнозов, полученных с помощью модуля прогнозирования и по модели ARMA, относительно контрольной выборки данных об объемах спроса на ГП.....   | 393 |
| В.5.3 | Выводы .....  | 394 |
|       | Приложение А.....   | 396 |

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Временной ряд                   | Последовательность значений наблюдаемого процесса, измеренных через равные промежутки времени   |
| Гистограмма                     | Приближение плотности распределения вероятности случайной величины, построенное по выборке данных   |
| Прогнозирование                 | Расчет будущих значений наблюдаемого процесса на основе математической модели   |
| Регрессионная модель            | Функция от набора независимых переменных, принадлежащая некоторому параметрическому семейству. Параметры модели оптимизируются так, что модель наилучшим образом приближает данные  |
| Ретроспективный прогноз         | Вид прогнозирования, используемый для оценки качества метода прогнозирования. Прогноз выполняется на участке ряда, значения которого известны. Качество прогноза оценивается сравнением спрогнозированных значений, с известными значениями |
| Функция ошибки                  | Функция, задающая ошибку прогнозирования на основе сравнения прогноза и истинного значения спрогнозированной величины   |
| Экзогенный фактор               | Фактор, изменение которого происходит вне моделируемой системы. Временной ряд, описывающий поведение экзогенного фактора, не является производным от временных рядов, описывающих поведение эндогенных факторов                             |
| Эндогенный фактор               | Фактор, изменение которого происходит внутри моделируемой системы. Здесь это – объёмные показатели групп перевозимых грузов   |
| <b>ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ</b> |   |
| $I_{st}, I_{reg}$               | Множество индексов пар станций и регионов, соответственно.  |
| $i_{st}, i_{reg}$               | Индексы пар станций $i_{st} \in I_{st}$ и регионов $i_{reg} \in I_{reg}$ , соответственно.  |
| $\{ST, REG\}$                   | Индексы показателей, агрегированных для всех пар станций и регионов соответственно.   |
| $K$                             | Множество индексов типов груза.   |
| $k$                             | Индекс типа груза, $k \in K$  |
| $t \in \{t_D, t_W, t_M\}$       | Отсчеты временного ряда, агрегированного по дням, неделям и месяцам, соответственно.  |
| $\{D, W, M\}$                   | Индексы показателей, агрегированных по дням, неделям и месяцам, соответственно.   |

|   |   |
|---|---|
| $T_D, T_W, T_M$                         | Длина временных рядов исторических данных в днях, неделях и месяцах, соответственно.  |
| $\tilde{T}_D, \tilde{T}_W, \tilde{T}_M$ | Длина начальных отрезков временных рядов исторических данных (в днях, неделях и месяцах), по которым строится прогноз.  |
| $\hat{T}_D, \hat{T}_W, \hat{T}_M$       | Длина отрезков времени (в днях, неделях и месяцах), для которых строится прогнозируемый временной ряд   |
| $\mathbf{x} = \{x_1, \dots, x_T\}$      | Временной ряд объемов ГП/ОСГП длиной $T$ /  |
| $x(t, i_{st}, k)$                       | Значение временного ряда объемов грузоперевозок $k$ -го типа груза для пары станций $i_{st}$  |
| $\hat{x}(t, i_{st}, k)$                 | Значение прогноза временного ряда объемов грузоперевозок $k$ -го типа груза для пары станций $i_{st}$   |
| ARMA                                    | AutoRegressive Moving Average, модель авторегрессии-скользящего среднего  |
| ARIMA                                   | AutoRegressive Integrated Moving Average, интегрированная модель ARMA   |
| Ex VAR                                  | Обозначение двухуровневого алгоритма прогнозирования ARIMA+hist, реализованного в макете модуля прогнозирования объёмов спроса на грузовые железнодорожные перевозки.                                       |
| hist                                    | Разработанный в ВЦ РАН метод гистограммного прогнозирования (обеспечивает оптимальность свертки построенной гистограммы и функции потерь).  |
| MAE                                     | Mean Average Error, функция ошибки прогнозирования. При ретроспективном прогнозе вычисляется как среднее абсолютное отклонение прогноза от реальных значений прогнозируемого временного ряда.               |
| MAPE                                    | Mean Average Percentage Error, функция ошибки прогнозирования. При ретроспективном прогнозе вычисляется как среднее относительное отклонение прогноза от реальных значений прогнозируемого временного ряда. |
| VAR                                     | Vector AutoRegression, модель динамики нескольких временных рядов, в которой текущие значения этих рядов зависят от прошлых значений этих же временных рядов.   |
| ГП                                      | Грузовые железнодорожные перевозки.   |
| ОСГП                                    | Объёмы спроса на грузовые железнодорожные перевозки.  |
| РЖД                                     | ОАО «Российские железные дороги»  |

## **В.1 Выявление экзогенных факторов, оказывающих влияние на прогнозные объемы железнодорожных перевозок, повышение релевантности экзогенных факторов и номенклатуры грузов**

Представленные в этом разделе результаты работ по выявлению экзогенных факторов, оказывающих влияние на прогнозные объемы железнодорожных перевозок, и повышению релевантности экзогенных факторов и номенклатуры грузов выполнены в соответствии с пп. 2.1, 2.2, 3.2, 5.1 замечаний Эксперта.

### **В.1.1 Повышение релевантности экзогенных факторов и номенклатуры грузов**

На основании результатов вычислительных экспериментов, представленных в разделе 2 отчета о ПНИ этап 3, получены экспертные сотрудники филиала ОАО «РЖД» «Центр фирменного транспортного обслуживания» (далее - Эксперты) в виде таблиц в формате Excel, по анализу взаимосвязей между внешними факторами и объемами перевозок, основанному на статическом тесте Грейнджера и выявленных автоматически.

Полученные экспертные оценки предназначены для повышения релевантности экзогенных факторов и номенклатуры грузов.

#### **В.1.1.1 Проверка результатов автоматической разметки экспертами**

Эксперты проверили результат автоматической разметки, подтвердив или опровергнув предположения о наличии влияния внешних факторов.

Проверка производилась следующим образом:

1) Экспертам была представлена таблица выявленных автоматически связей «Автоматический выбор внешних факторов», размеченная следующим образом: значению «1» соответствует предположение о наличии сильной взаимосвязанности временных рядов, значению «0,5» - предположение о наличии слабой взаимосвязанности. Значению «0» - несущественной.

2) Эксперты проверили результат и заполнили таблицу «Выбор экспертов» следующим образом:

а) Значению «1» соответствует предположение о наличии сильной взаимосвязанности временных рядов.

б) Значению «0,5» - предположение о наличии слабой взаимосвязанности.

в) Значению «0» - предположение о несущественной взаимосвязанности.

Экспертные оценки представлены в Приложении А «Экспертные оценки по анализу взаимосвязей между внешними факторами и объемами перевозок, основанному на статистическом тесте Грейнджера и выявленных автоматически».

Результаты вычислительных экспериментов, проведенных с использованием полученных экспертных оценок, представлены в разделах В.2-В.3.

### **В.1.2 Выявление экзогенных факторов, оказывающих влияние на прогнозные объемы железнодорожных перевозок**

Список дополнительных экзогенных факторов, используемых при прогнозировании приведен в табл. В.3.1.

Таблица В.3.1 – Список наименований экзогенных факторов

| #  | Наименование                               |
|----|--|
| 1  | Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи |
| 2  | Dow Jones 30 Industrials                   |
| 3  | Nasdaq 100                                 |
| 4  | ФБ «С-Пб» Газпром                          |
| 5  | Индекс РТС                                 |
| 6  | Индекс РТС – Металлов и добычи             |
| 7  | Индекс РТС – Промышленности                |
| 8  | Российский индекс волатильности            |
| 9  | Объем импорта РФ                           |
| 10 | Объем экспорта РФ                          |

Результаты вычислительных экспериментов, проведенных с использованием дополнительных экзогенных факторов, представлены в разделах В.4-В.5.

### **В.1.3 Выводы**

В этом разделе, выполненном в соответствии с пп. 2.1, 2.2, 3.2, 5.1 замечаний Эксперта, представлены результаты дополнительных исследований по выявлению экзогенных факторов, оказывающих влияние на прогнозы объемы железнодорожных перевозок и повышению релевантности экзогенных факторов и номенклатуры грузов.

На основании результатов вычислительных экспериментов, представленных в разделе 2 отчета о ПНИ этап 3, получены экспертные оценки сотрудников филиала ОАО «РЖД» «Центр фирменного транспортного обслуживания» в виде таблиц в формате Excel, по анализу взаимосвязей между внешними факторами и объемами перевозок, основанному на статическом тесте Грейнджера и выявленных автоматически.

Результаты вычислительных экспериментов, проведенных с использованием полученных экспертных оценок, представлены в разделах В.2-В.3.

Результаты вычислительных экспериментов, проведенных с использованием дополнительных экзогенных факторов, представлены в разделах В.4-В.5.

Таким образом, все работы данного раздела, предусмотренные замечаниями Эксперта, выполнены полностью.

## **В.2 Проведение серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки на модельных исходных данных объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки и экзогенных факторов с помощью макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с использованием результатов экспертной оценки по анализу взаимосвязей между внешними факторами и объемами перевозок, основанному на статистическом тесте Грейнджера и выявленных автоматически**

Представленные в этом разделе результаты вычислительных экспериментов по прогнозированию ОСГП на модельных исходных данных объемов спроса на ГП и экзогенных факторов с использованием результатов экспертной оценки по анализу взаимосвязей между внешними факторами и объемами перевозок, основанному на статическом тесте Грейнджера и выявленных автоматически, выполнены в соответствии с пп. 2.1, 2.2, 3.2, 5.1 замечаний Эксперта.

Техническое описание программы и методики проведения вычислительного эксперимента по прогнозированию объемов спроса на ГП на макете модуля прогнозирования ОСГП оформлена и представлена в Приложении А «ФИЦИУРАН-58.29.29/forecast-01-51-01 «Макет модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки. Программа и методика проведения вычислительных экспериментов по прогнозированию объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с помощью макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки».

### **В.2.1 Результаты вычислительных экспериментов**

1) Визуализация повышения качества прогноза объемов перевозок каждого типа груза при включении экзогенных факторов представлена на рис. В.2.1. На рис. В.2.1 по осям абсцисс отложены коды экзогенных факторов (временные ряды экзогенных факторов), по осям ординат – коды типов грузов (эндогенные временные ряды), цвет ячейки рисунка отвечает числу включений соответствующей компоненты в прогностическую модель для прогнозируемого эндогенного временного ряда.

2) Список наименований экзогенных факторов, оказывающих наибольшее влияние на прогнозируемые временные ряды объемов перевозок с указанием типов грузов приведен в табл. В.2.1;

Степень влияния экзогенных факторов

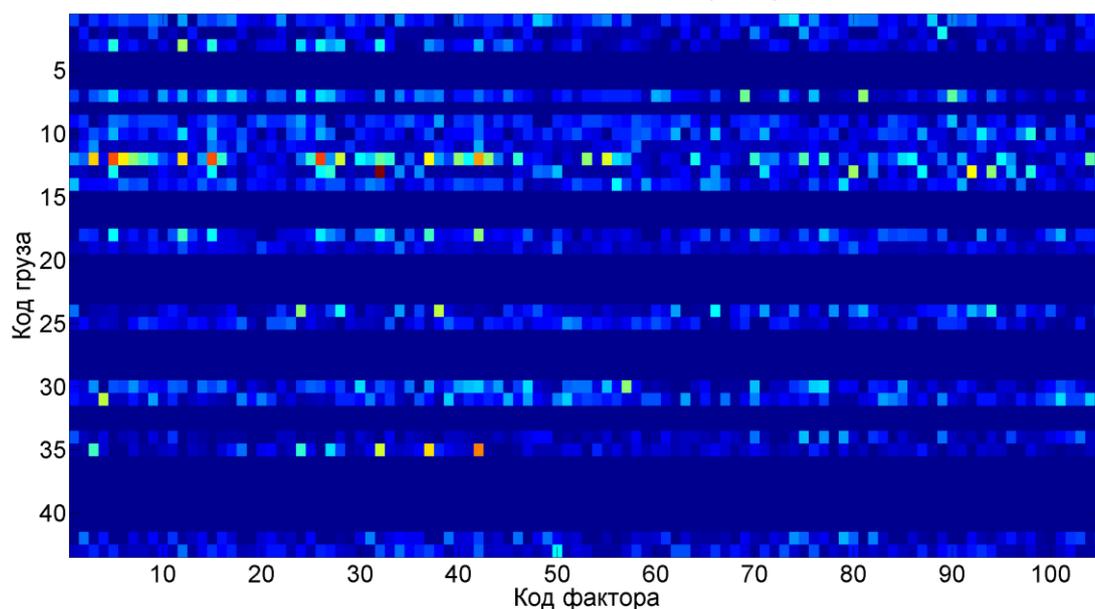


Рис. В.2.1. Визуализация повышения качества прогноза объемов перевозок данного типа груза при включении экзогенных факторов

Таблица В.2.1 – Соответствие временных рядов объемов перевозок и экзогенных факторов Ex VAR

| Типы грузов                            | Экзогенные факторы, оказывающие наибольшее влияние |
|--|--|
| <i>1</i>                               | <i>2</i>   |
| #1 Каменный уголь                      | DKK  |
| #2 Кокс                                | UZS  |
| #3 Нефть                               | CZK  |
| #6 Флюсы                               | AMD  |
| #7 Руда железная                       | AMD  |
| #8 Руда цветная                        | INR  |
| #9 Черные металлы                      | AUD  |
| #10 Машины и оборудование              | Brent oil price                                    |
| #11 Металлические конструкции          | AMD  |
| #12 Метизы                             | AZN  |
| #13 Лом черных металлов                | AMD  |
| #14 Сельскохозяйственные машины        | Brent oil price                                    |
| #15 Автомобили                         | CZK  |
| #16 Цветные металлы                    | AMD  |
| #17 Химические и минеральные удобрения | BYR  |
| #18 Химикаты и сода                    | AMD  |
| #19 Строительные грузы                 | AMD  |

Таблица В.2.1. – Продолжение

| <i>1</i>                                      | <i>2</i>        |
|---|-----------------|
| #20 Промышленное сырье                        | AMD             |
| #21 Шлаки гранулированные                     | AMD             |
| #22 Огнеупоры                                 | AMD             |
| #23 Цемент                                    | LVL             |
| #24 Лесные грузы                              | KGS             |
| #25 Сахар                                     | Brent oil price |
| #26 Мясо и масло животное                     | CZK             |
| #27 Рыба                                      | Cuprum          |
| #28 Картофель, овощи и фрукты                 | BRL             |
| #29 Соль поваренная                           | LTL             |
| #30 Остальные продовольственные товары        | NOK             |
| #31 Промышленные товары народного потребления | UZS             |
| #34 Зерно                                     | EEK             |
| #35 Продукты перемола                         | Masut price     |
| #36 Комбикорма                                | EEK             |
| #38 Жмыхи                                     | KGS             |
| #39 Бумага                                    | Nickel          |
| #42 Грузы в контейнерах                       | SEK             |
| #43 Остальные и сборные грузы                 | INR             |

3) Графики временных рядов объемов перевозок данного типа груза совместно с экзогенным фактором, оказывающим наибольшее влияние на прогнозируемый временной ряд перевозок представлены на рис. В.2.2 – В.2.37. На рис. В.2.2 - В.2.37 приведены графики временных рядов объемов перевозок данного типа груза совместно с экзогенным фактором, по оси абсцисс отложены отсчеты временных рядов в днях, по оси ординат – значения временного ряда объемов перевозок данного типа груза (синий цвет) и значения временного ряда экзогенного фактора (зеленый цвет).

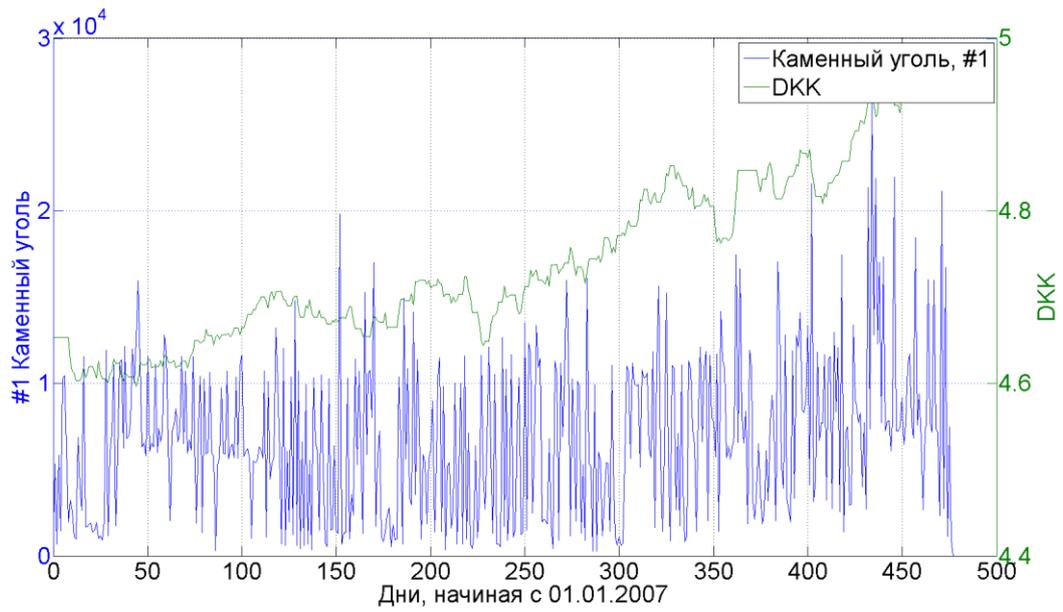


Рис. В.2.2. Тип груза #1 Каменный уголь - DKK

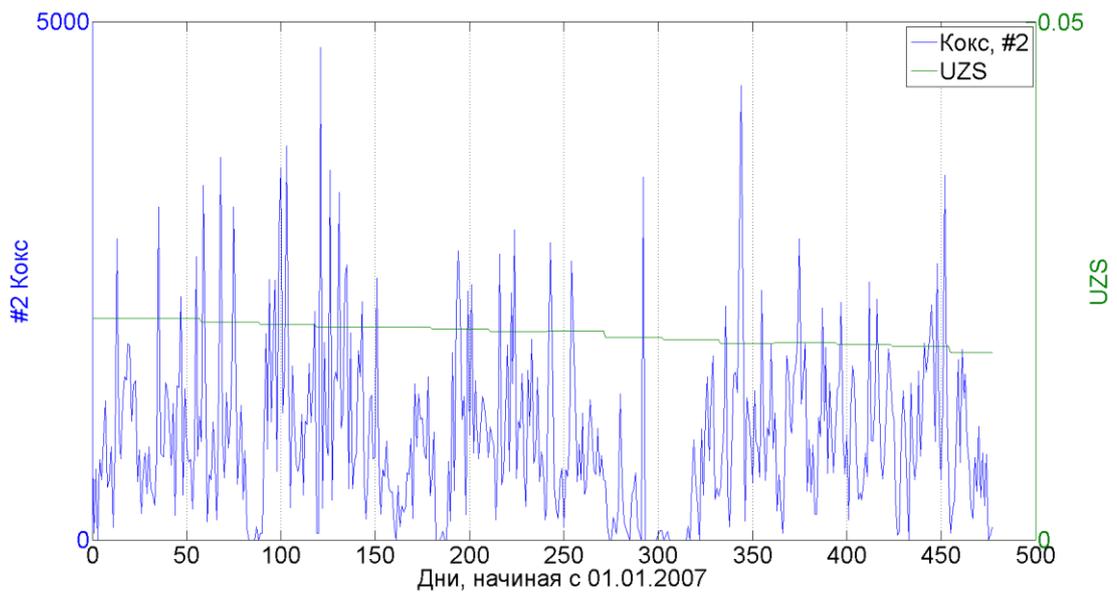


Рис. В.2.3. Тип груза #2 Кокс - UZS

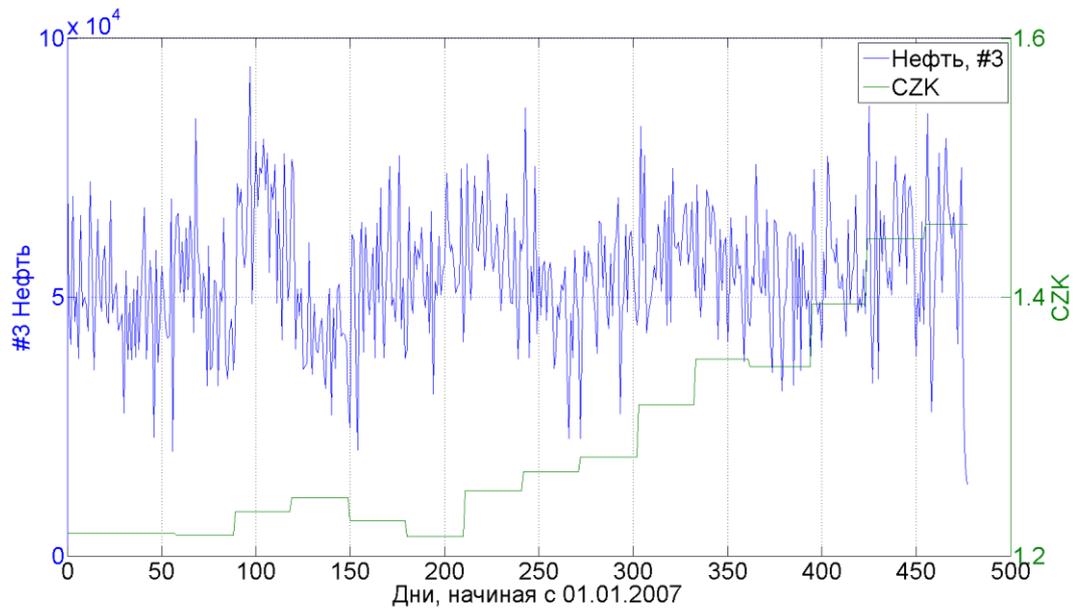


Рис. В.2.4. Тип груза #3 Нефть - CZK

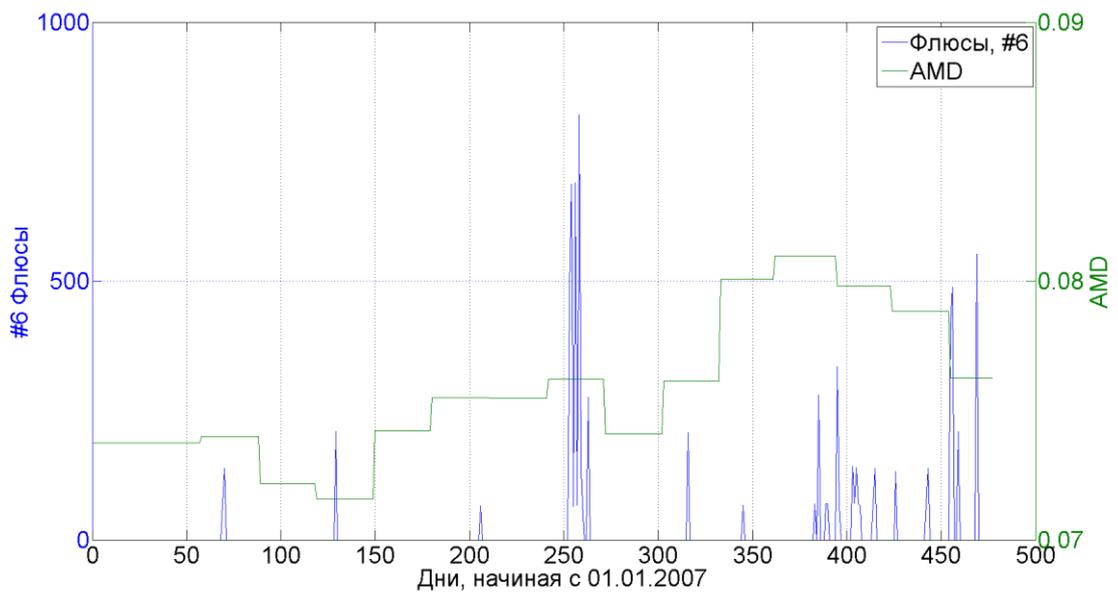


Рис. В.2.5. Тип груза #6 Флюсы - AMD

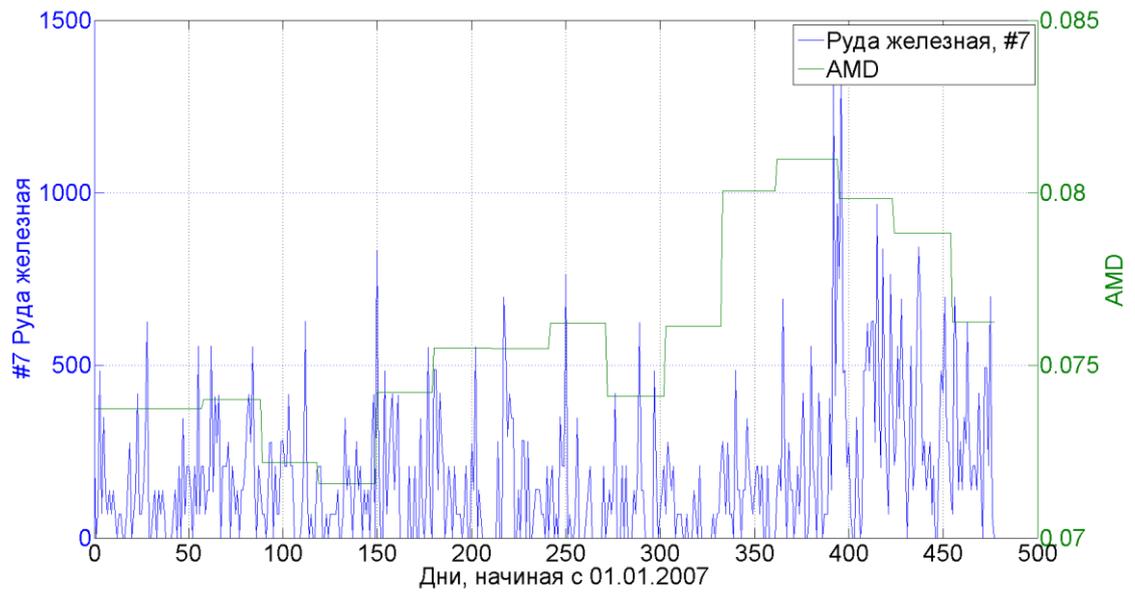


Рис. В.2.6. Тип груза #7 Руда железная - AMD

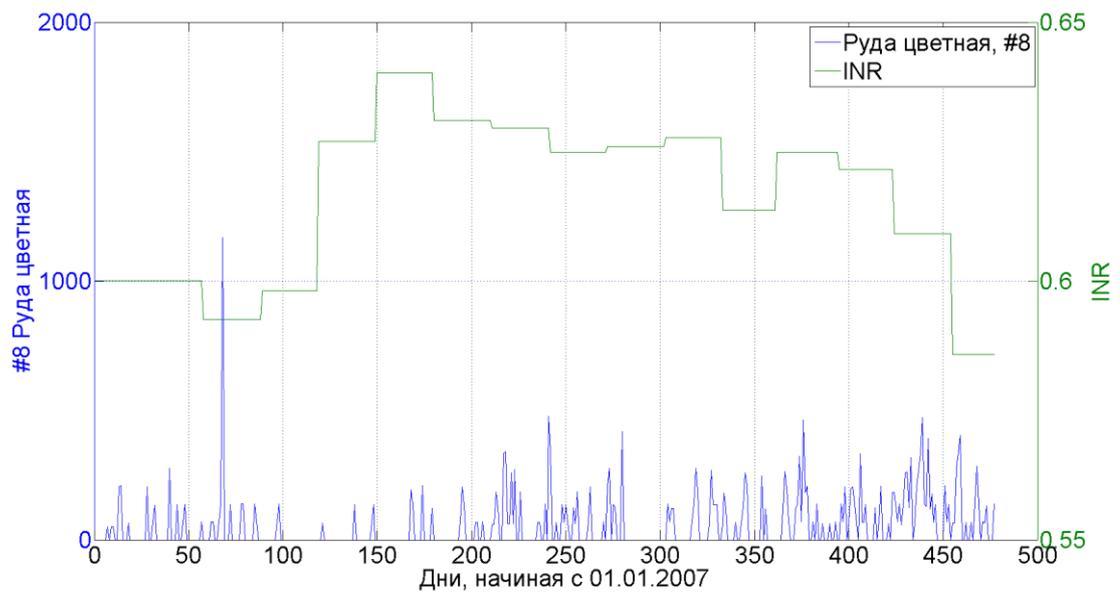


Рис. В.2.7. Тип груза #8 Руда цветная - INR

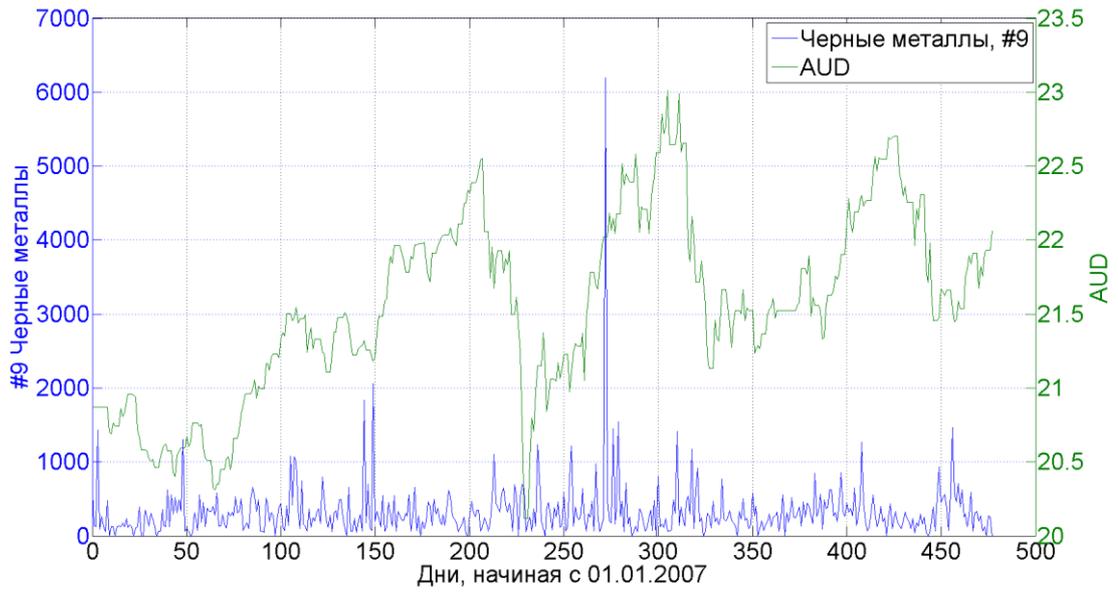


Рис. В.2.8. Тип груза #9 Черные металлы - AUD

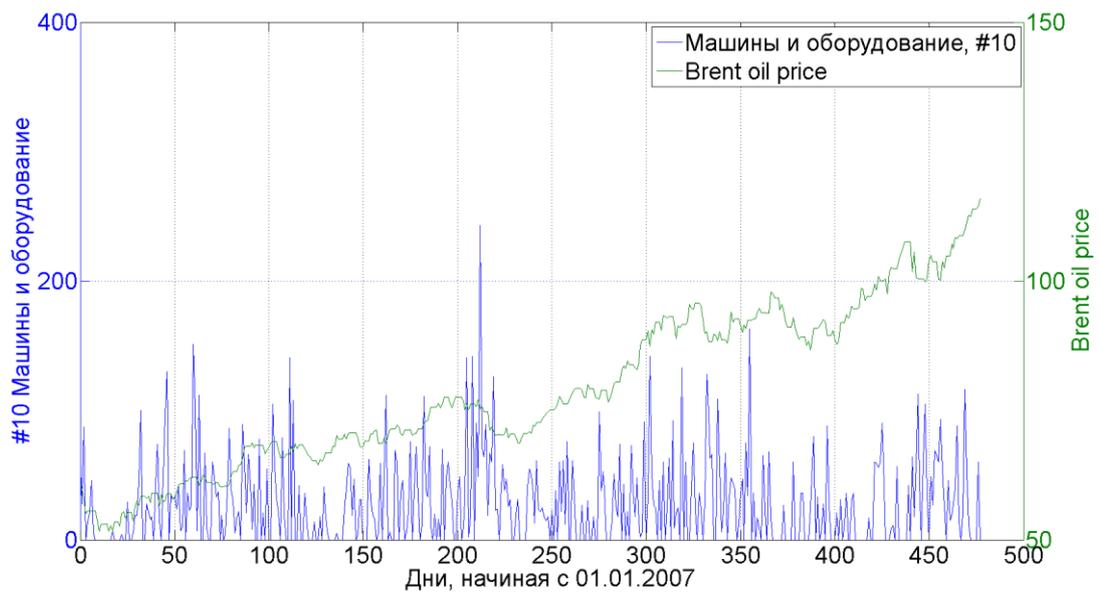


Рис. В.2.9. Тип груза #10 Машины и оборудование - Brent oil price

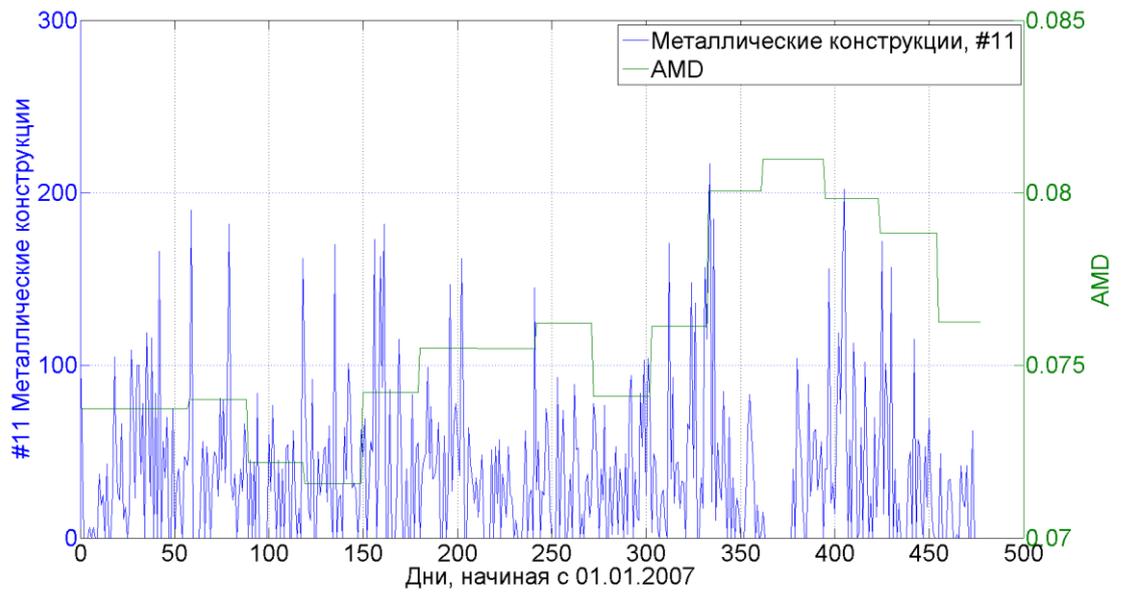


Рис. В.2.10. Тип груза #11 Металлические конструкции - AMD

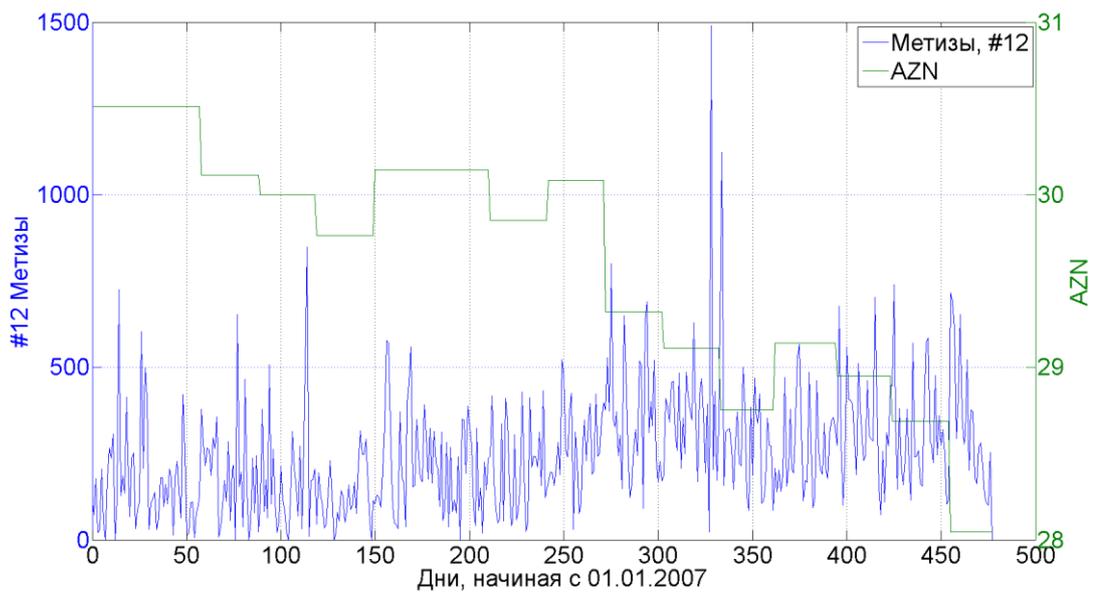


Рис. В.2.11. Тип груза #12 Метизы - AZN

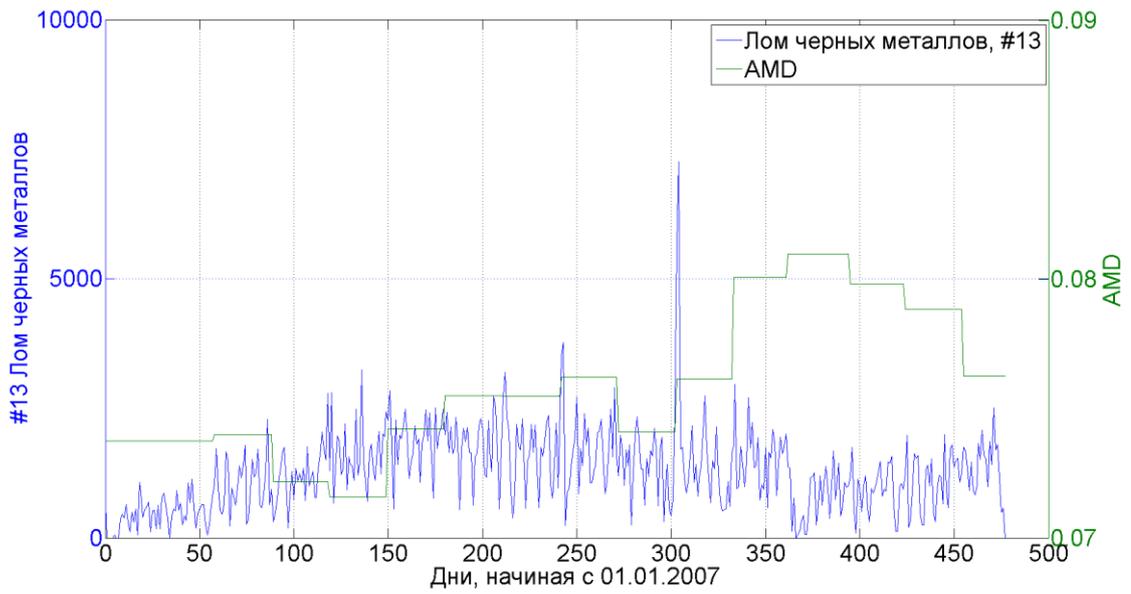


Рис. В.2.12. Тип груза #13 Лом черных металлов - AMD

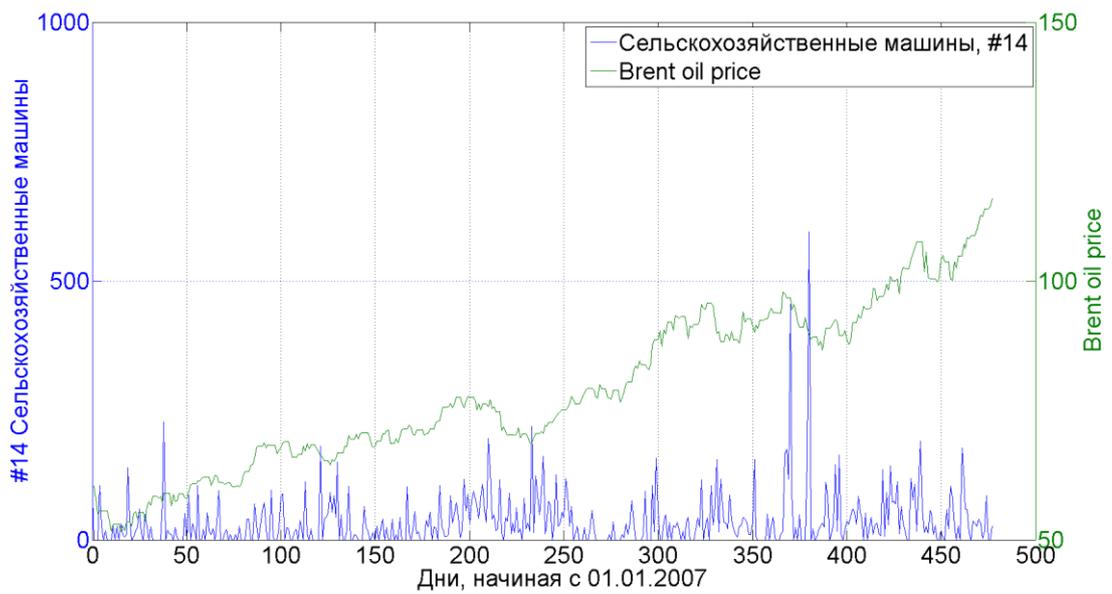


Рис. В.2.13. Тип груза #14 Сельскохозяйственные машины - Brent oil price

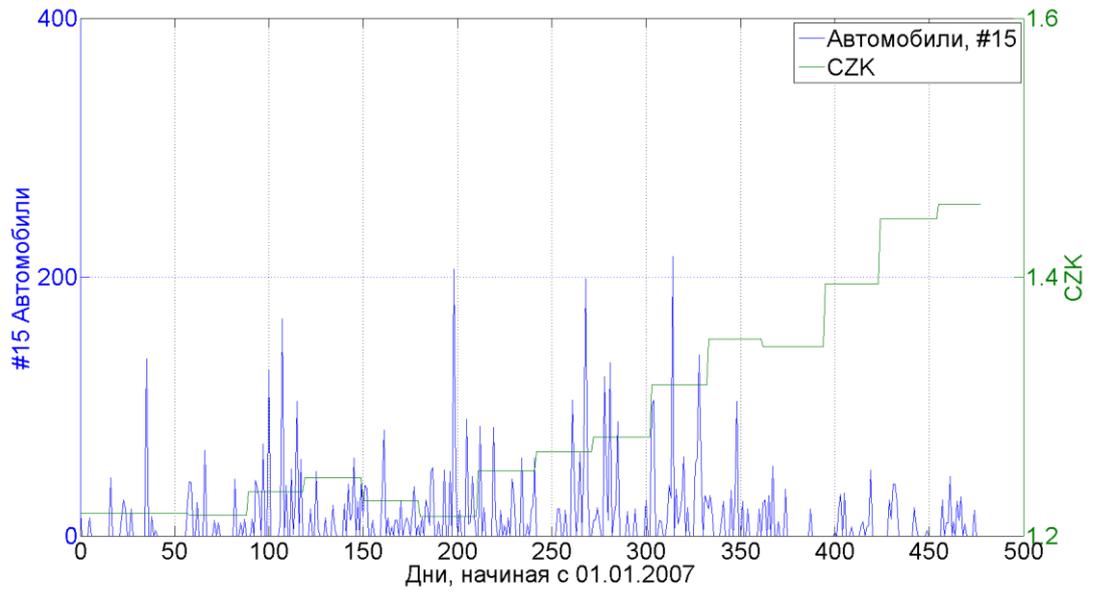


Рис. В.2.14. Тип груза #15 Автомобили - CZK

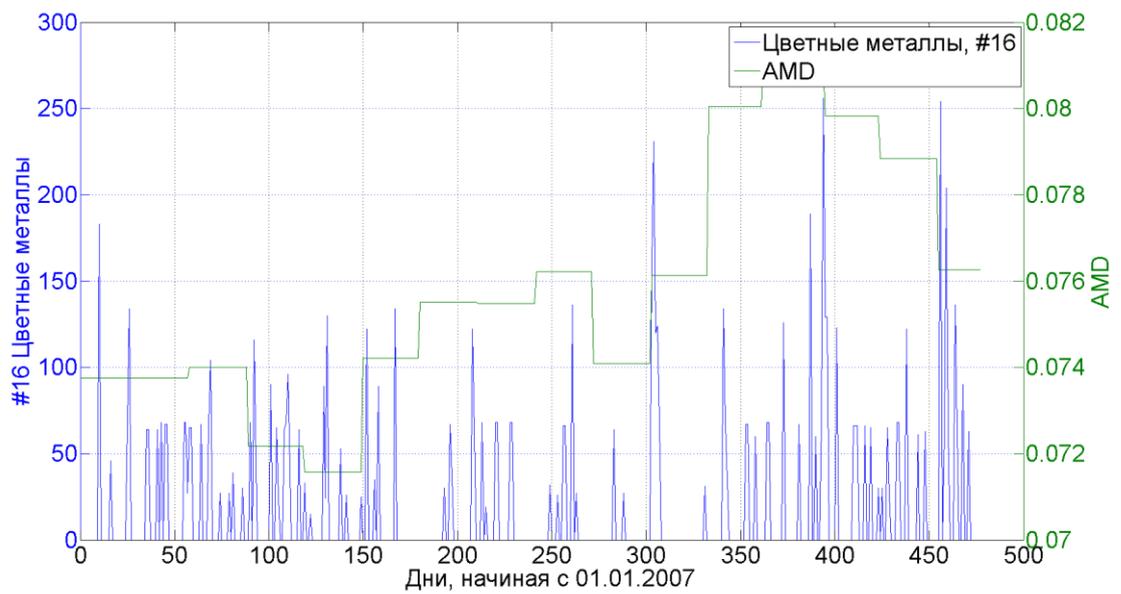


Рис. В.2.15. Тип груза #16 Цветные металлы - AMD

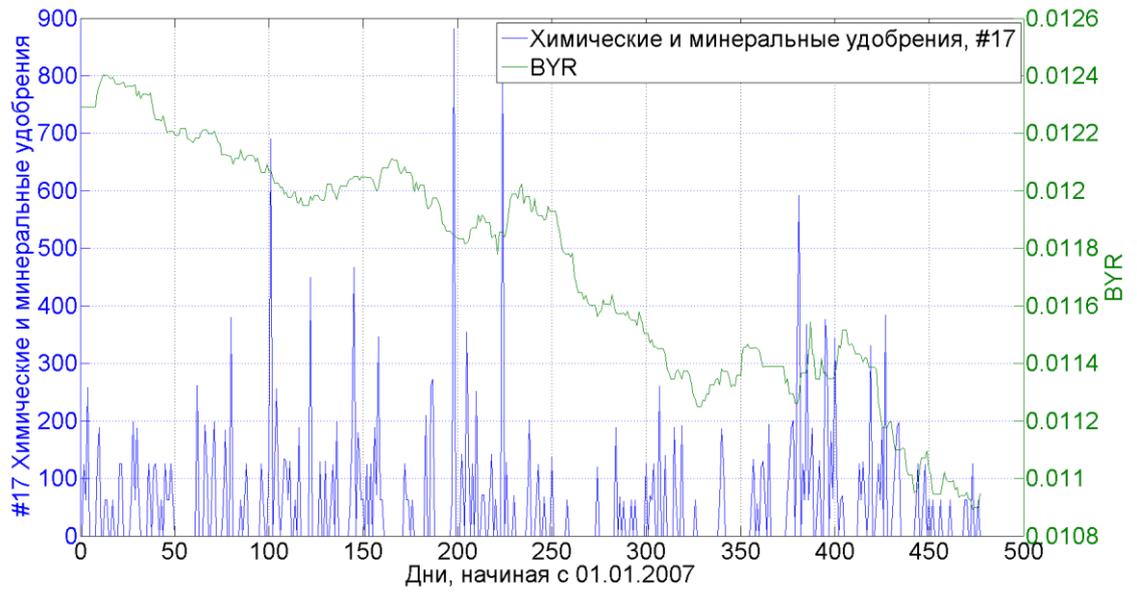


Рис. В.2.16. Тип груза #17 Химические и минеральные удобрения - BYR

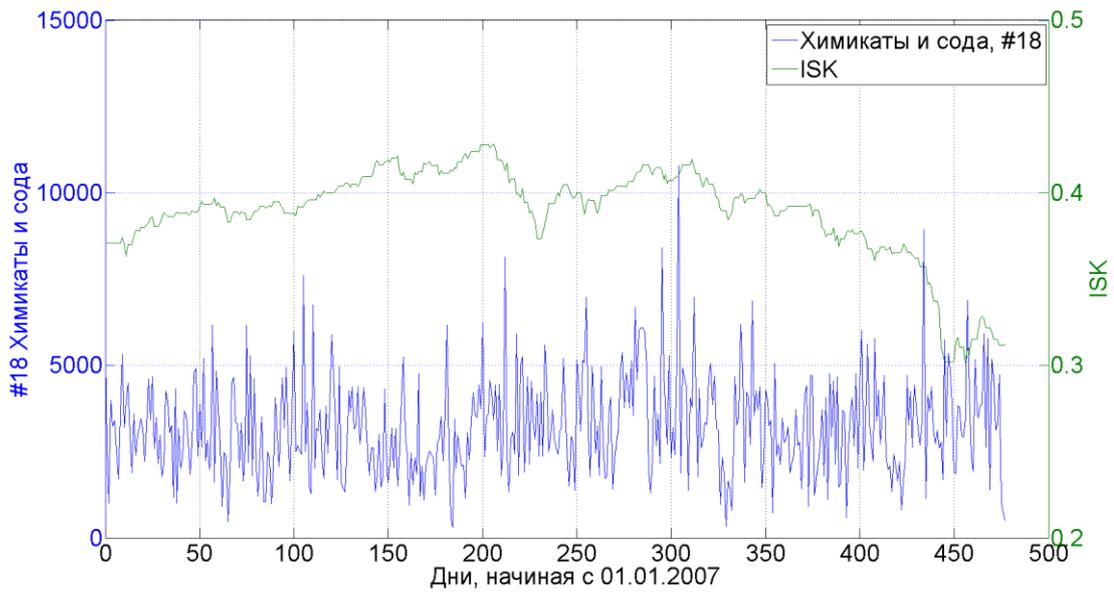


Рис. В.2.17. Тип груза #18 Химикаты и сода - ISK

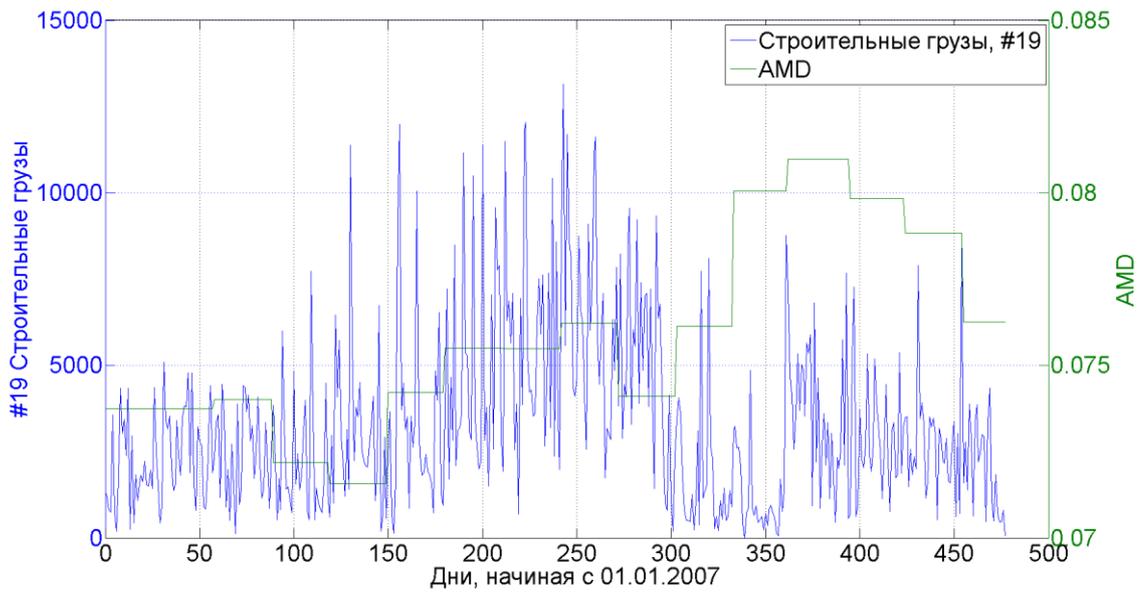


Рис. В.2.18. Тип груза #19 Строительные грузы - AMD

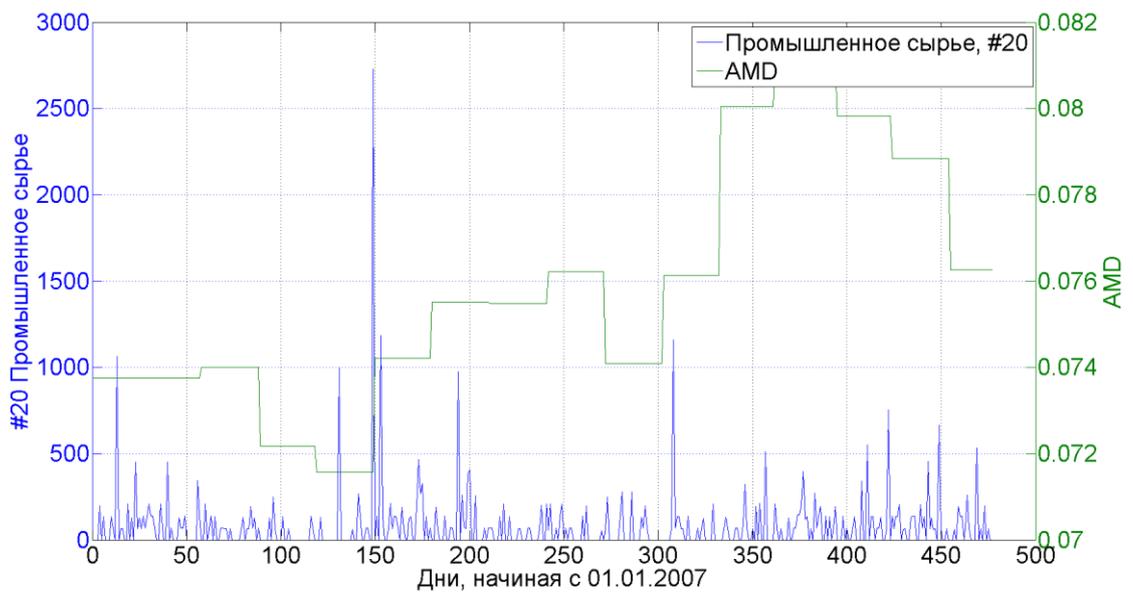


Рис. В.2.19. Тип груза #20 Промышленное сырье - AMD

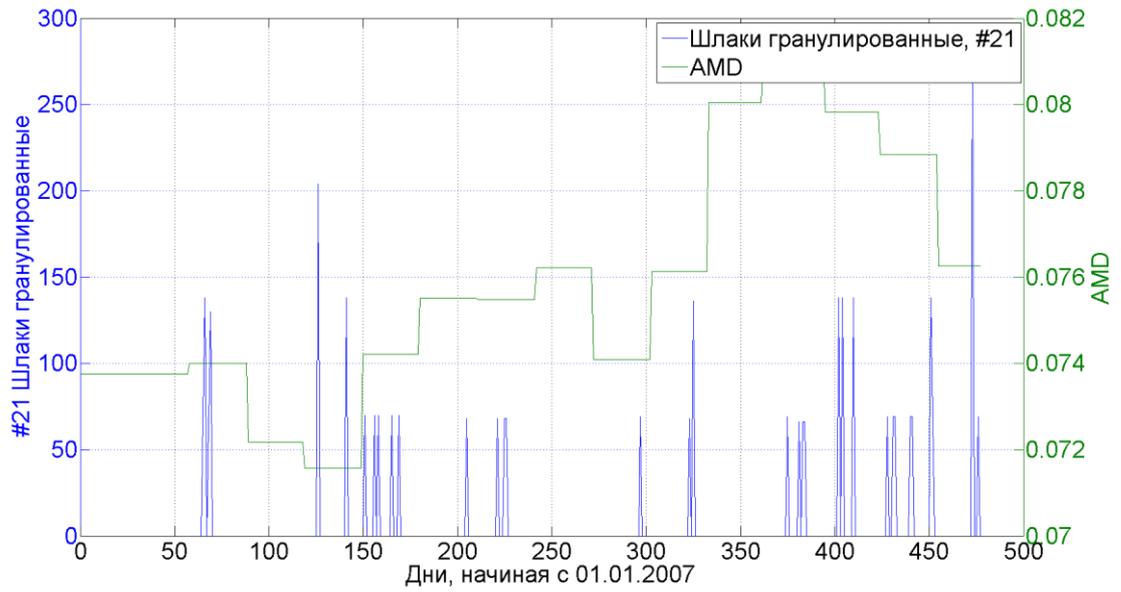


Рис. В.2.20. Тип груза #21 Шлаки гранулированные - AMD

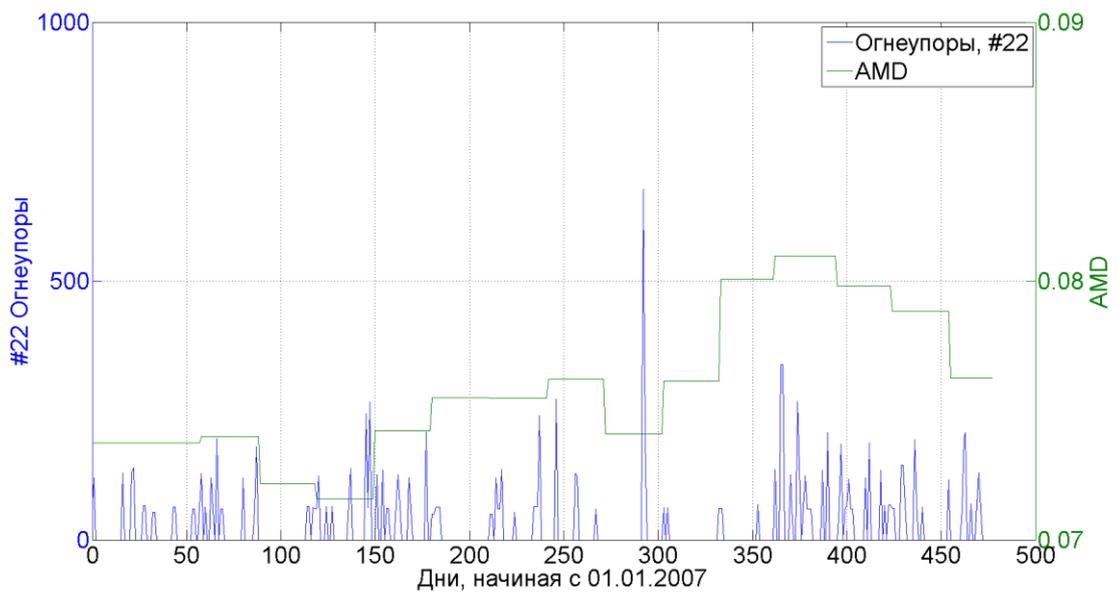


Рис. В.2.21. Тип груза #22 Огнеупоры - AMD

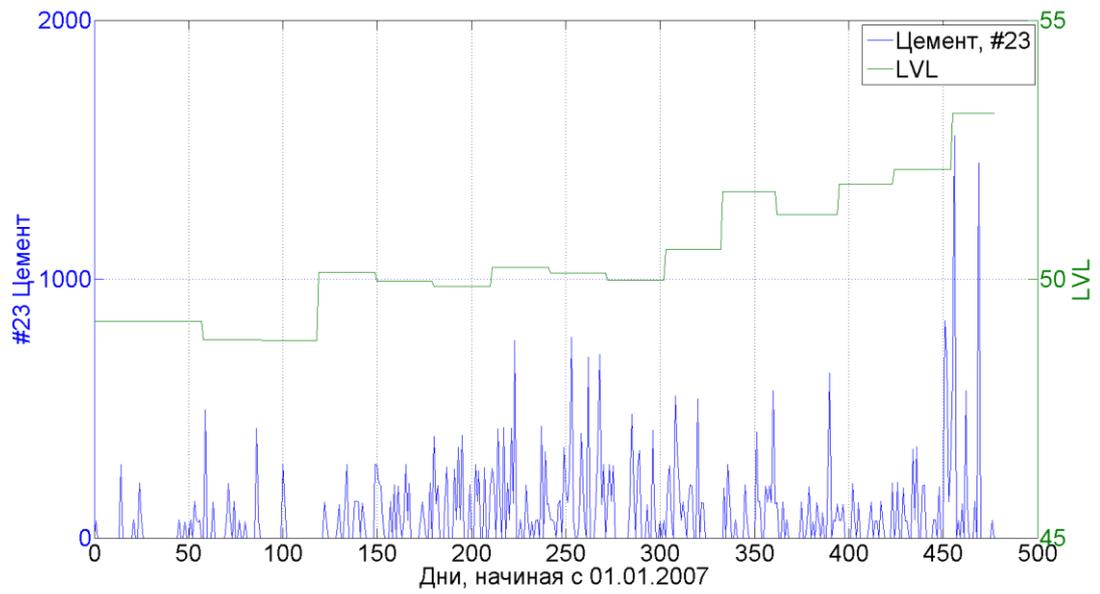


Рис. В.2.22. Тип груза #23 Цемент - LVL

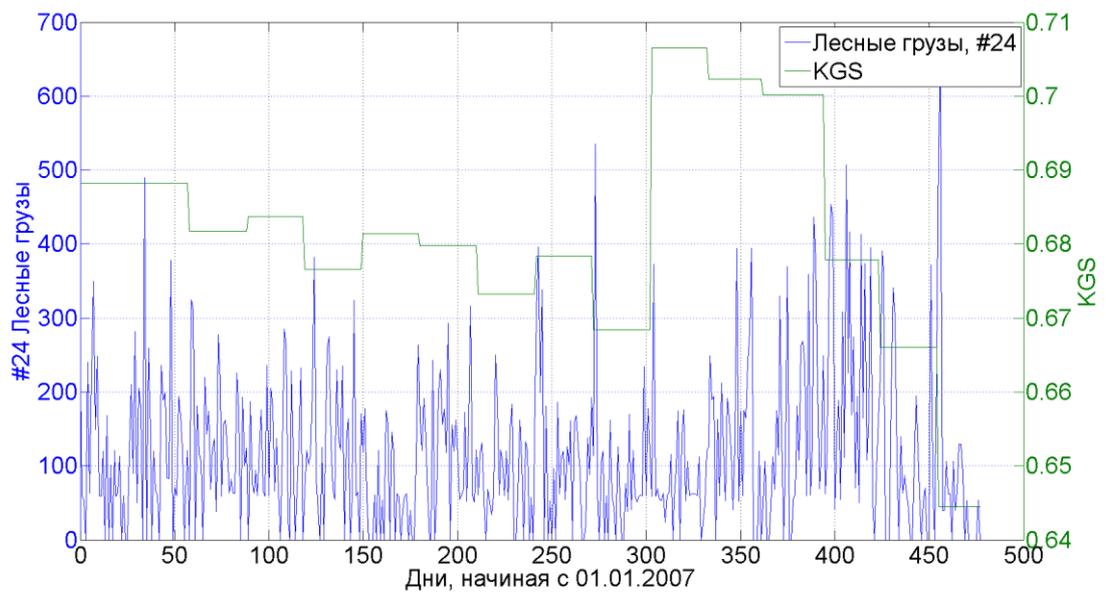


Рис. В.2.23. Тип груза #24 Лесные грузы - KGS

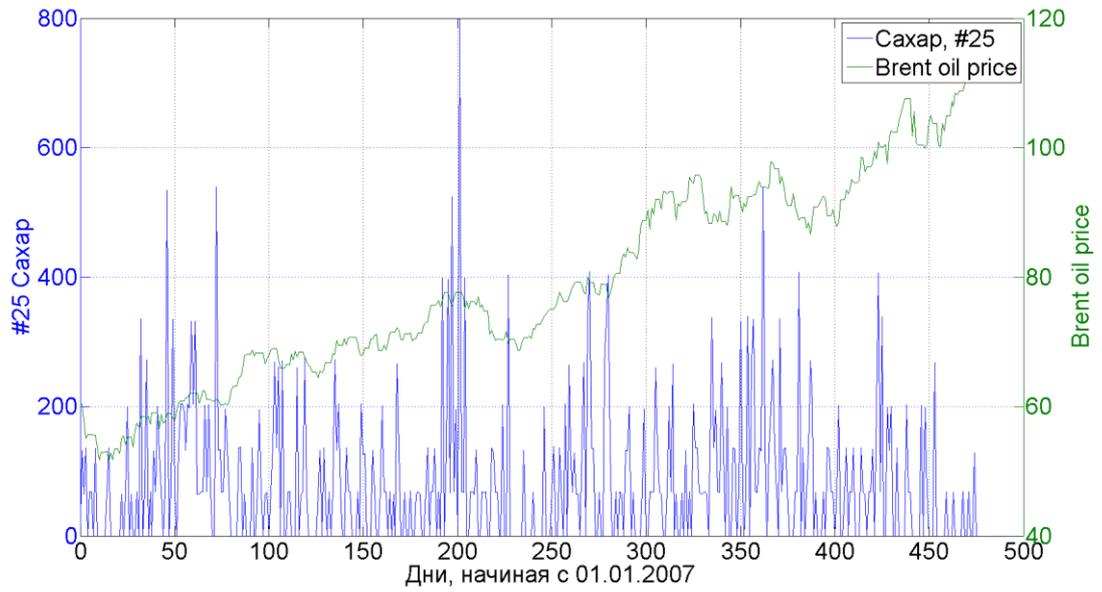


Рис. В.2.24. Тип груза #25 Сахар - Brent oil price

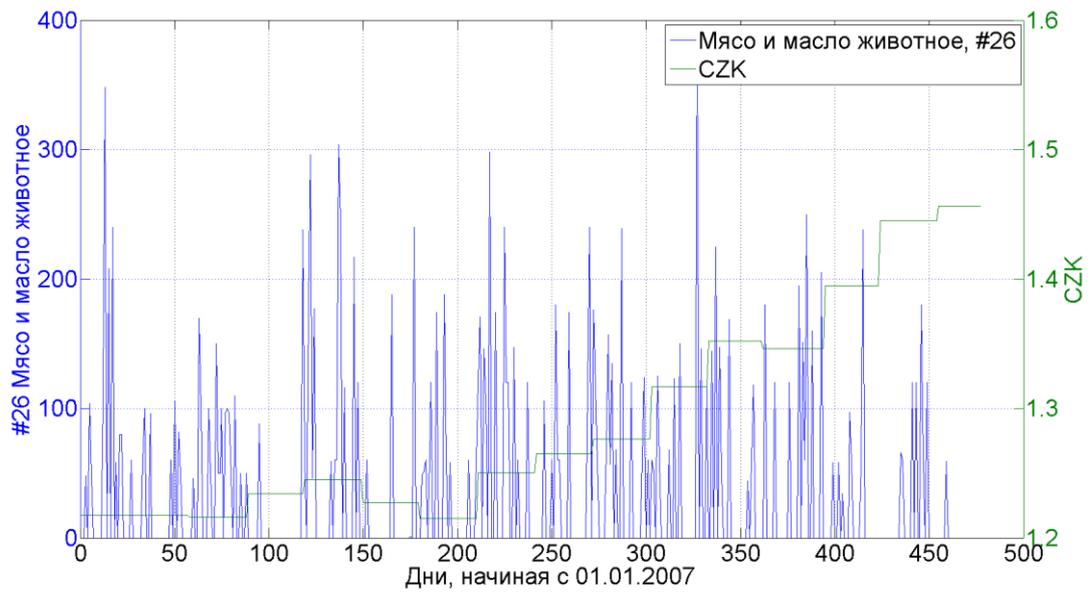


Рис. В.2.25. Тип груза #26 Мясо и масло животное - CZK

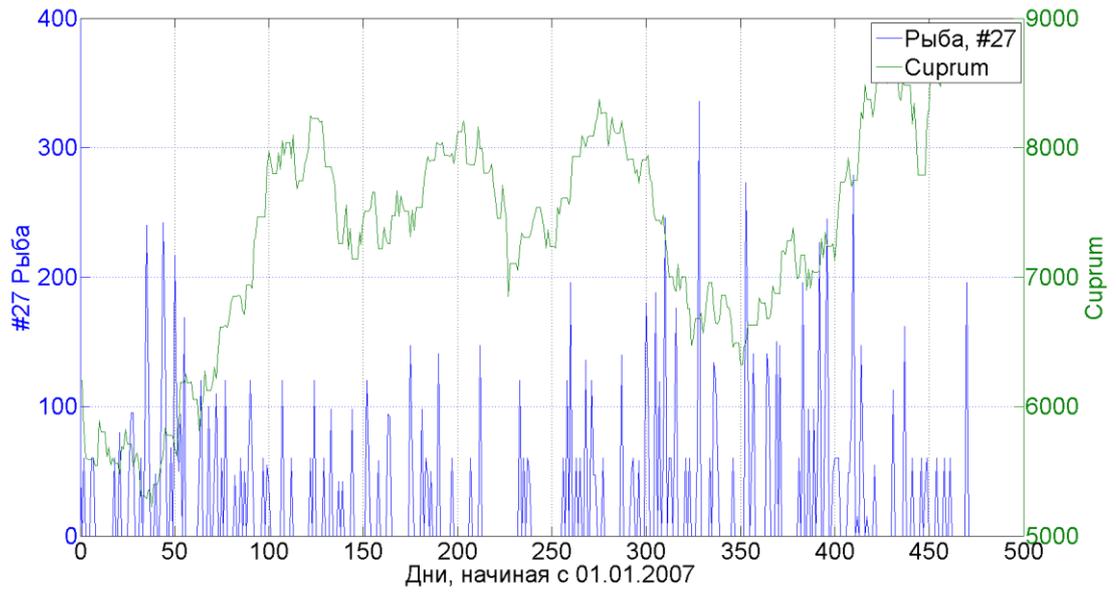


Рис. В.2.26. Тип груза #27 Рыба - Cuprum

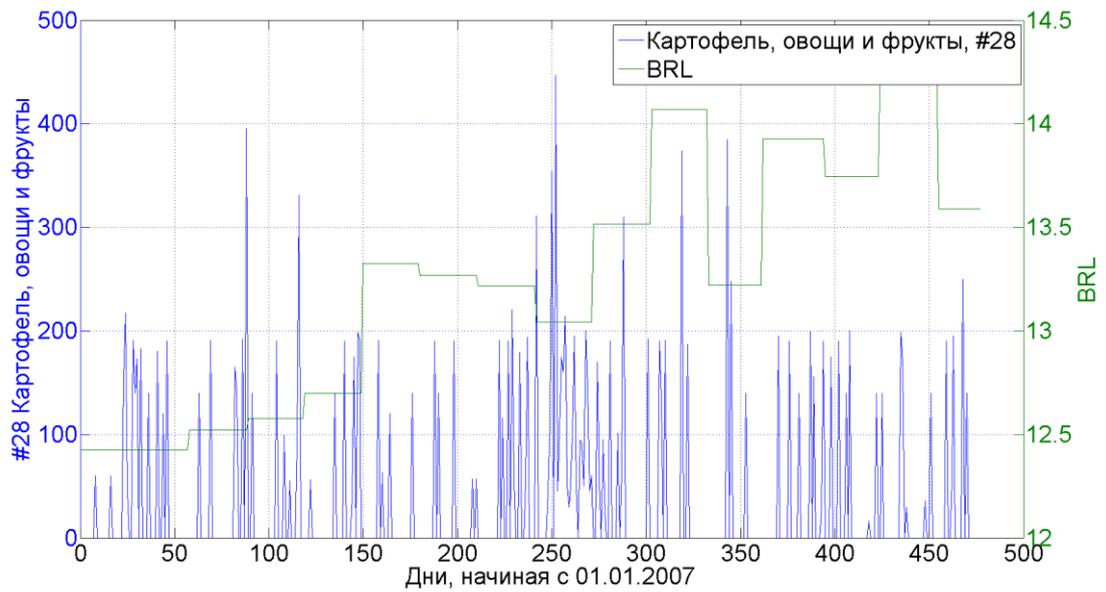


Рис. В.2.27. Тип груза #28 Картофель, овощи и фрукты - BRL

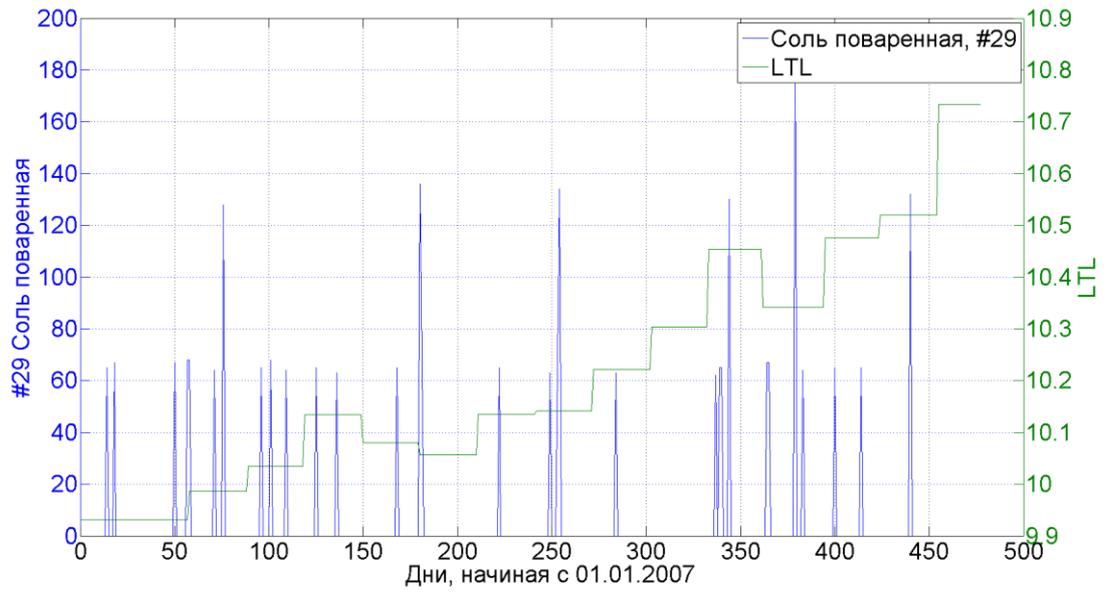


Рис. В.2.28. Тип груза #29 Соль поваренная - LTL



Рис. В.2.29. Тип груза #30 Остальные продовольственные товары - NOK

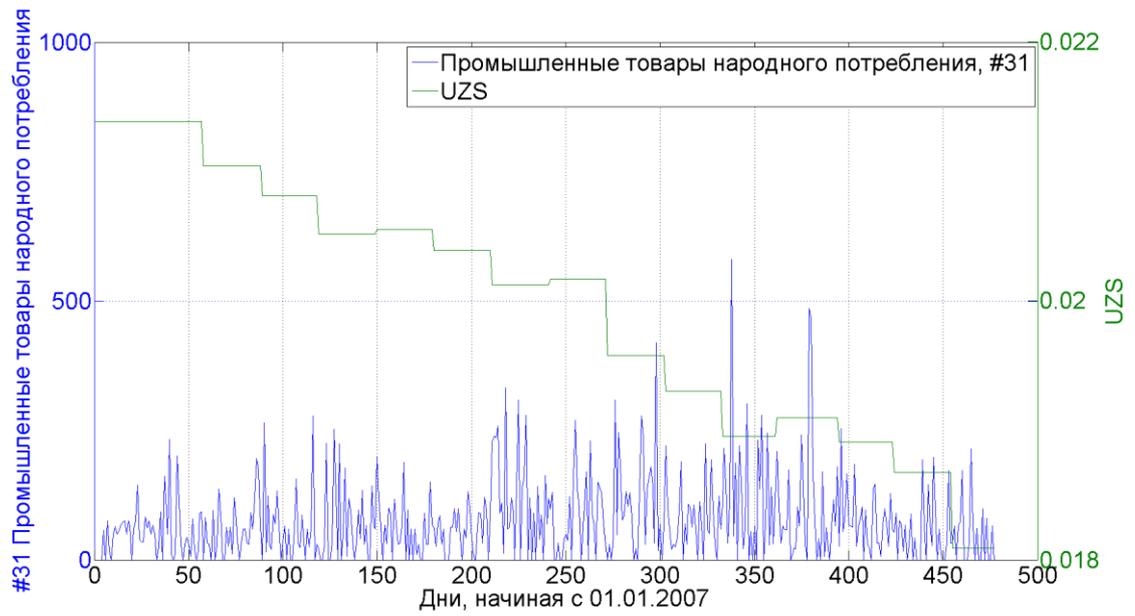


Рис. В.2.30. Тип груза #31 Промышленные товары народного потребления - UZS

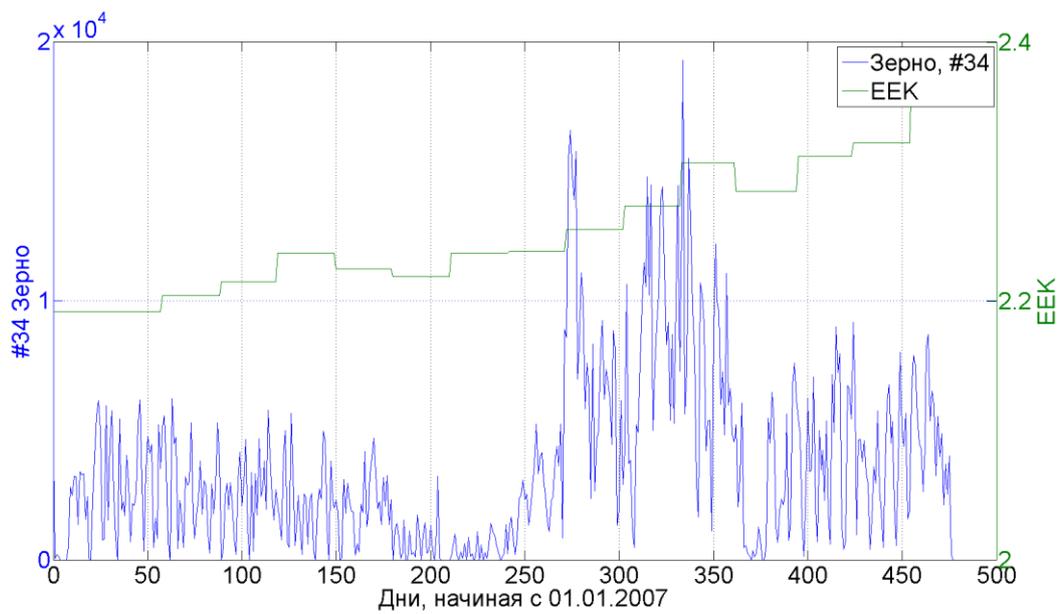


Рис. В.2.31. Тип груза #34 Зерно - EEK

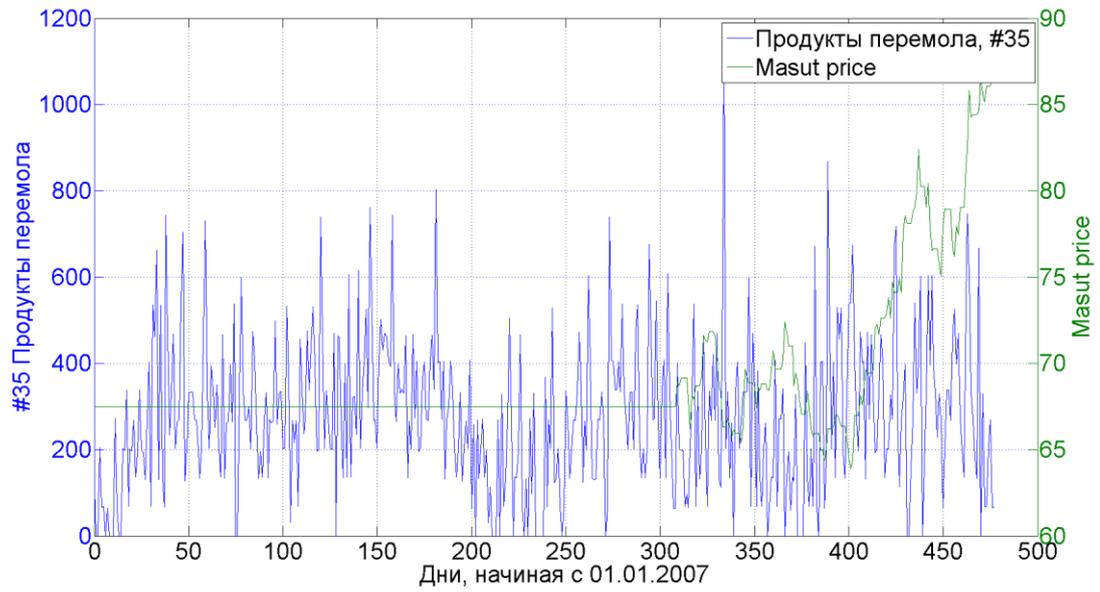


Рис. В.2.32. Тип груза #35 Продукты перемола - Masut price

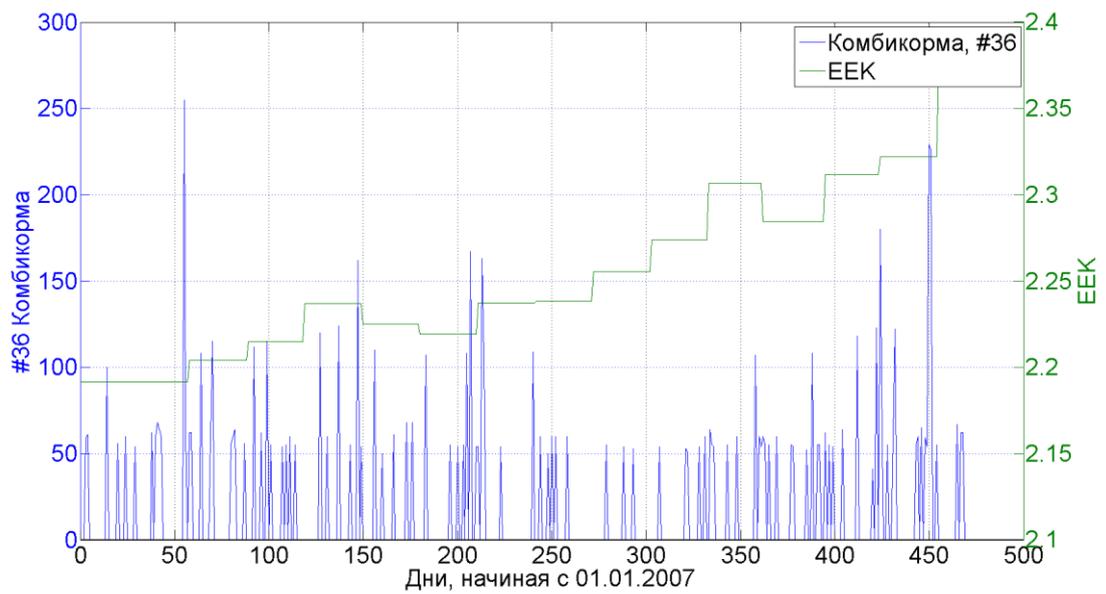


Рис. В.2.33. Тип груза #36 Комбикорма - ЕЕК

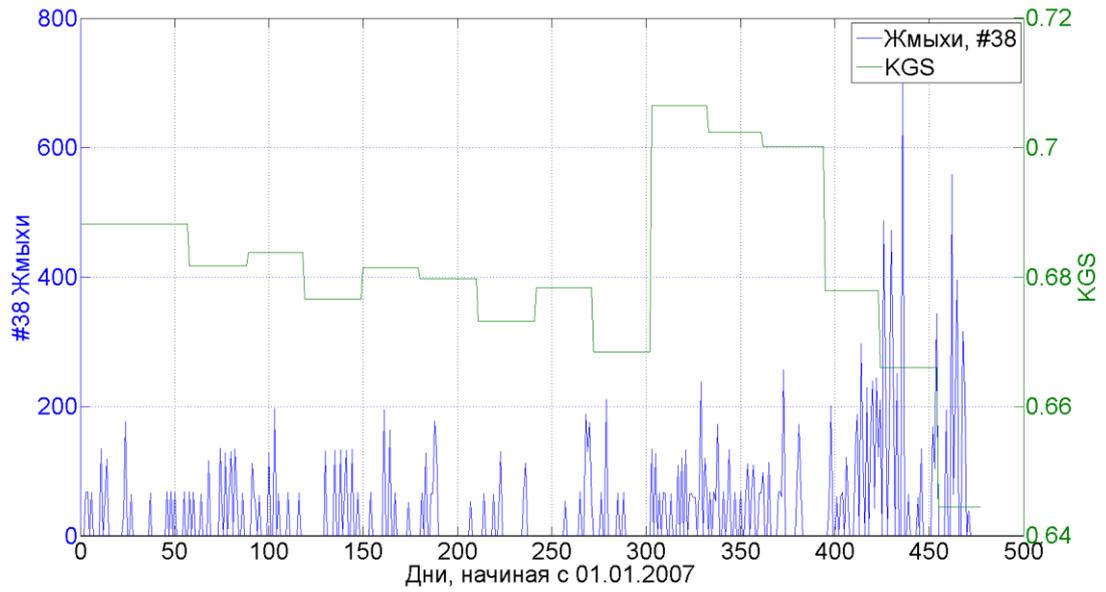


Рис. В.2.34. Тип груза #38 Жмыхи - KGS

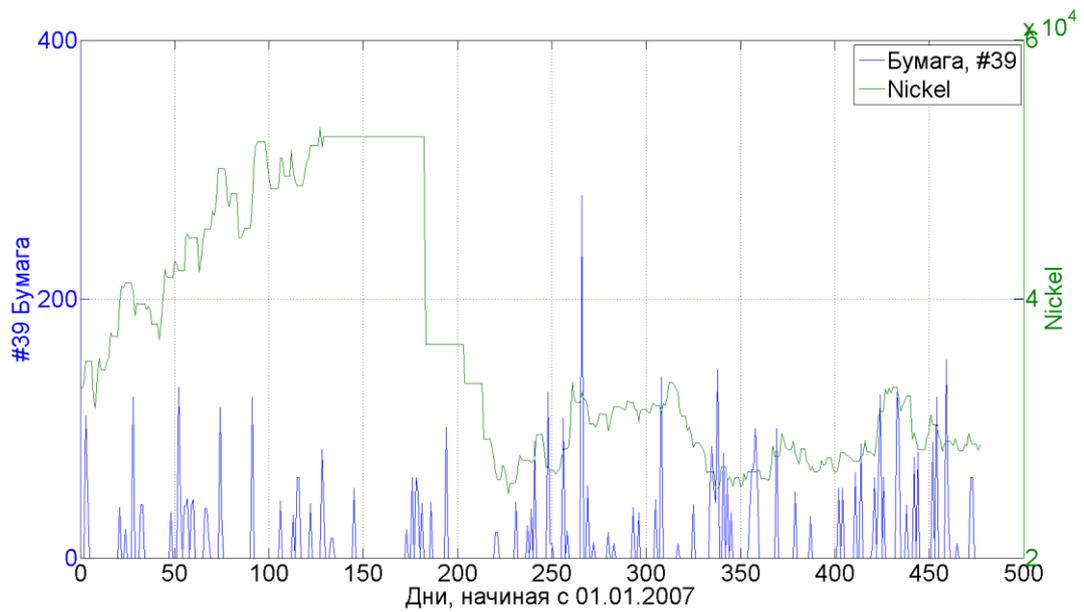


Рис. В.2.35. Тип груза #39 Бумага - Nickel

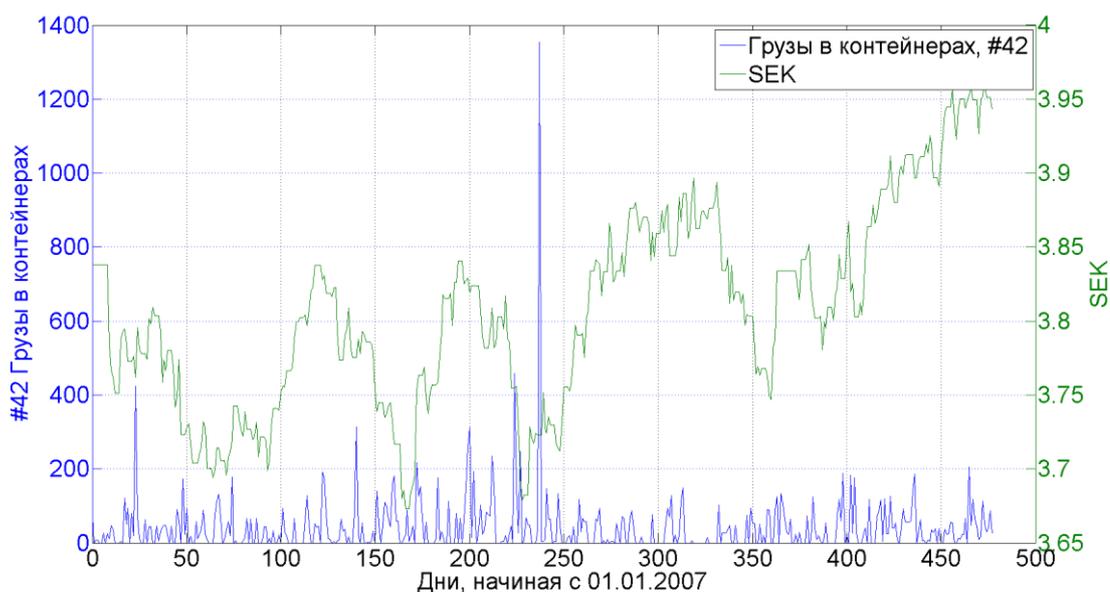


Рис. В.2.36. Тип груза #42 Грузы в контейнерах - SEK

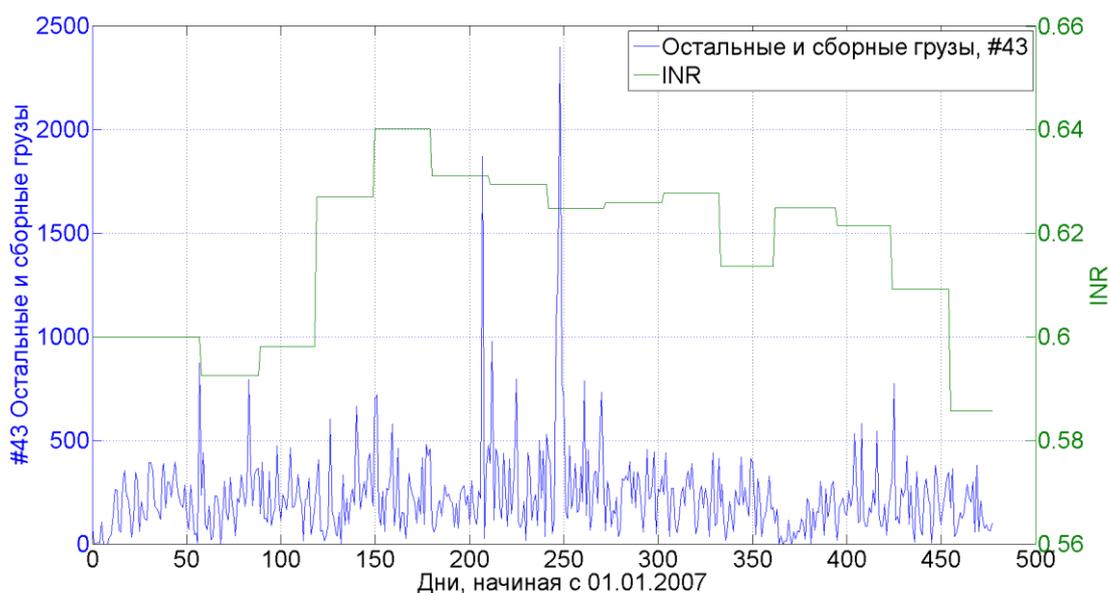


Рис. В.2.37. Тип груза #43 Остальные и сборные грузы - INR

4) Графики прогнозов временных рядов совместно с прогнозируемыми временными рядам представлены на рис. В.2.38 – В.2.73. На рис. В.2.38 – В.2.73 синим цветом отложен график исходного временного ряда для данного типа груза, красным, зеленым, бирюзовым и фиолетовым цветами – прогноз временного ряда, полученные различными алгоритмами, по оси абсцисс – отсчеты временного ряда в днях, по оси ординат – значения исходного временного ряда (синим цветом) и

значения прогноза временного ряда, полученные различными алгоритмами (красный, зеленый, бирюзовый и фиолетовый соответственно).

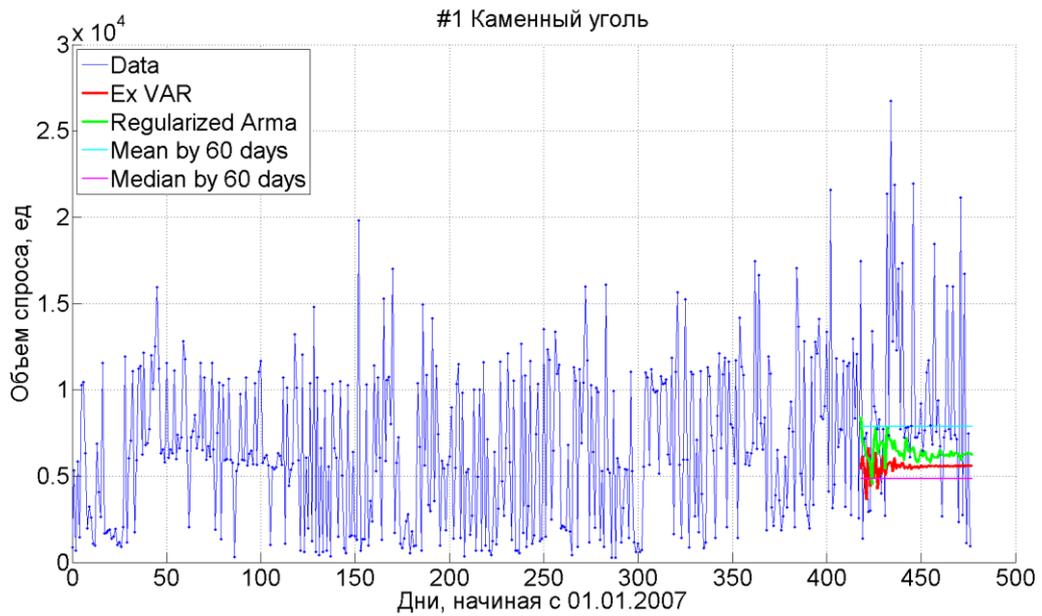


Рис. В.2.38. Тип груза #1 Каменный уголь - Прогноз

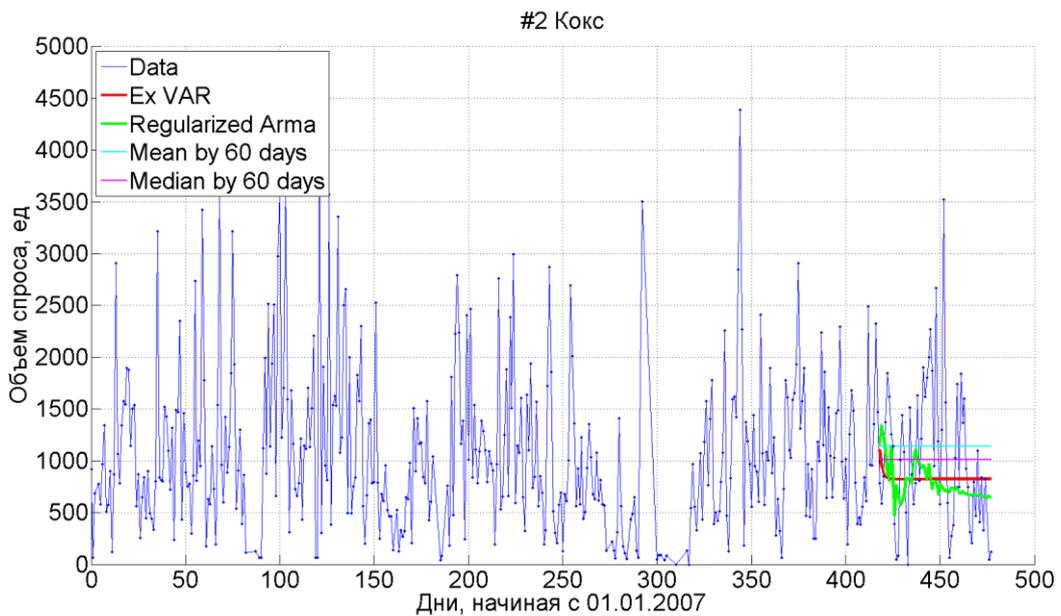


Рис. В.2.39. Тип груза #2 Кокс - Прогноз

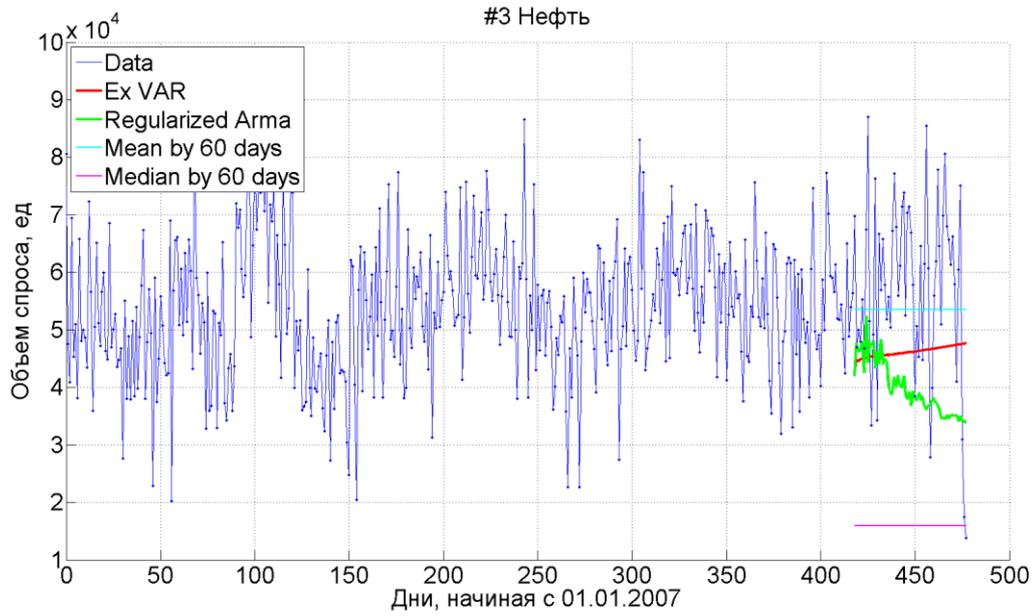


Рис. В.2.40. Тип груза #3 Нефть - Прогноз

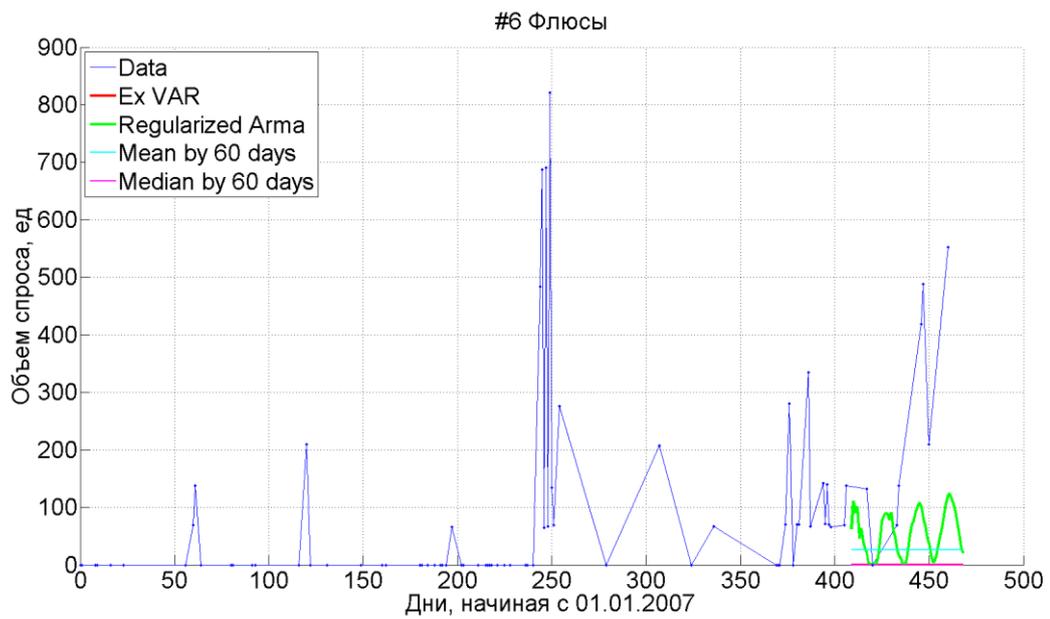


Рис. В.2.41. Тип груза #6 Флюсы - Прогноз

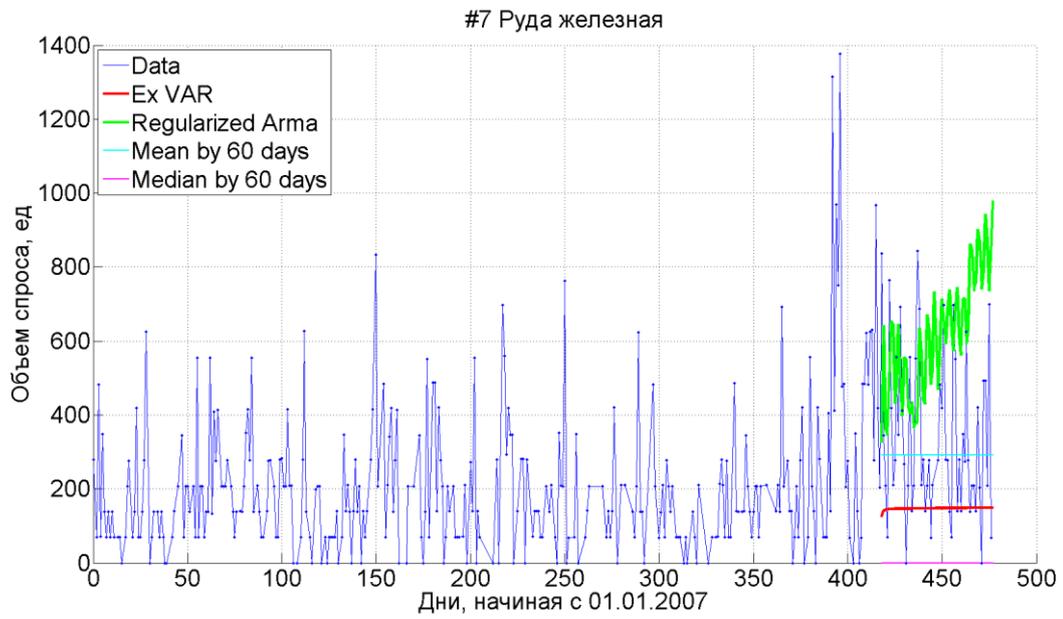


Рис. В.2.42. Тип груза #7 Руда железная - Прогноз

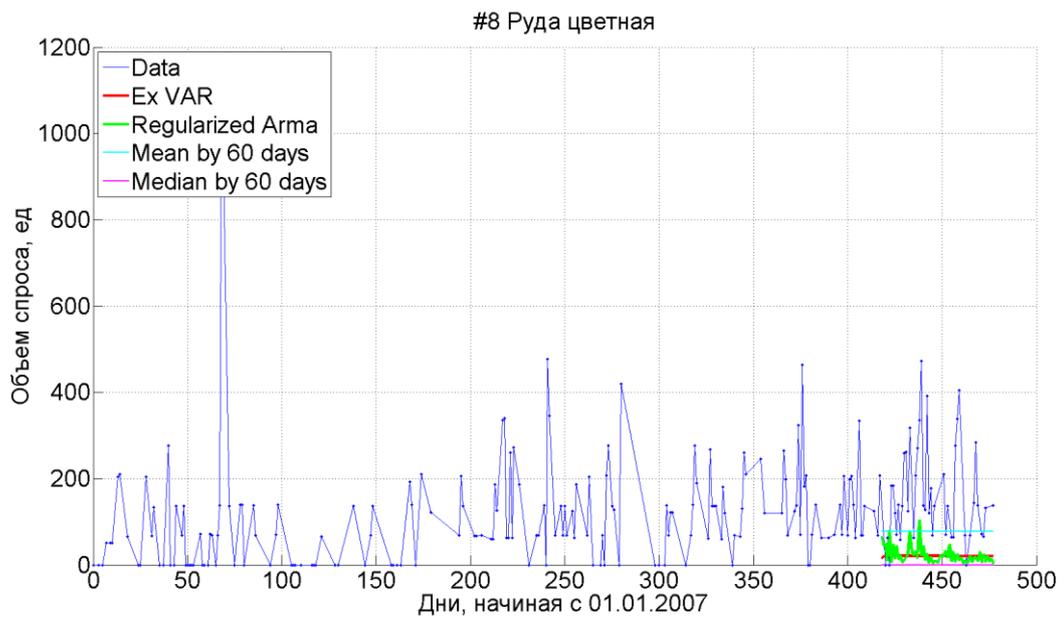


Рис. В.2.43. Тип груза #8 Руда цветная - Прогноз

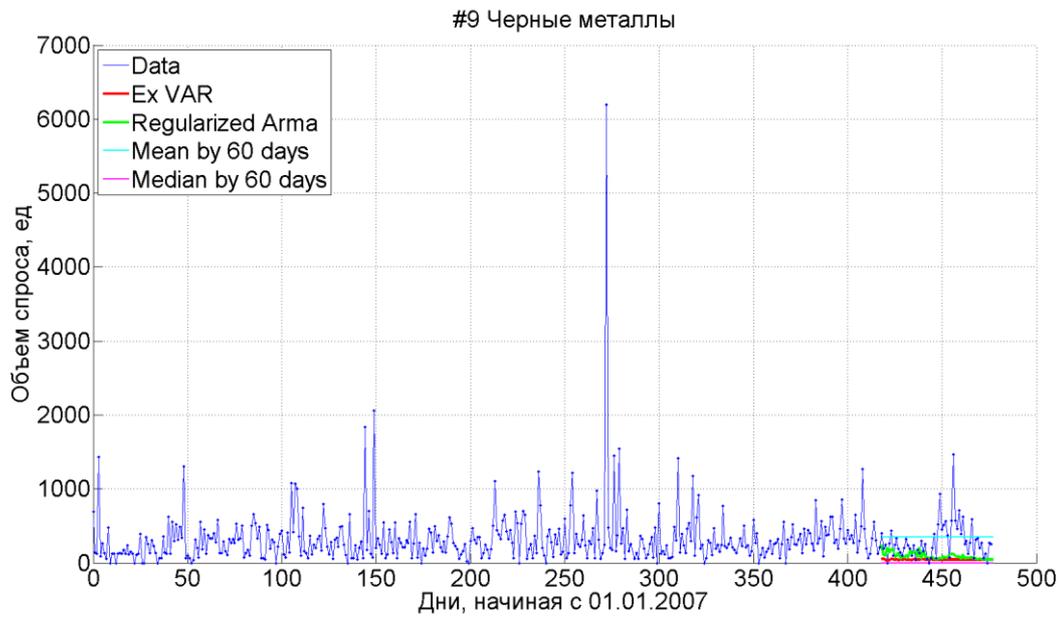


Рис. В.2.44. Тип груза #9 Черные металлы - Прогноз

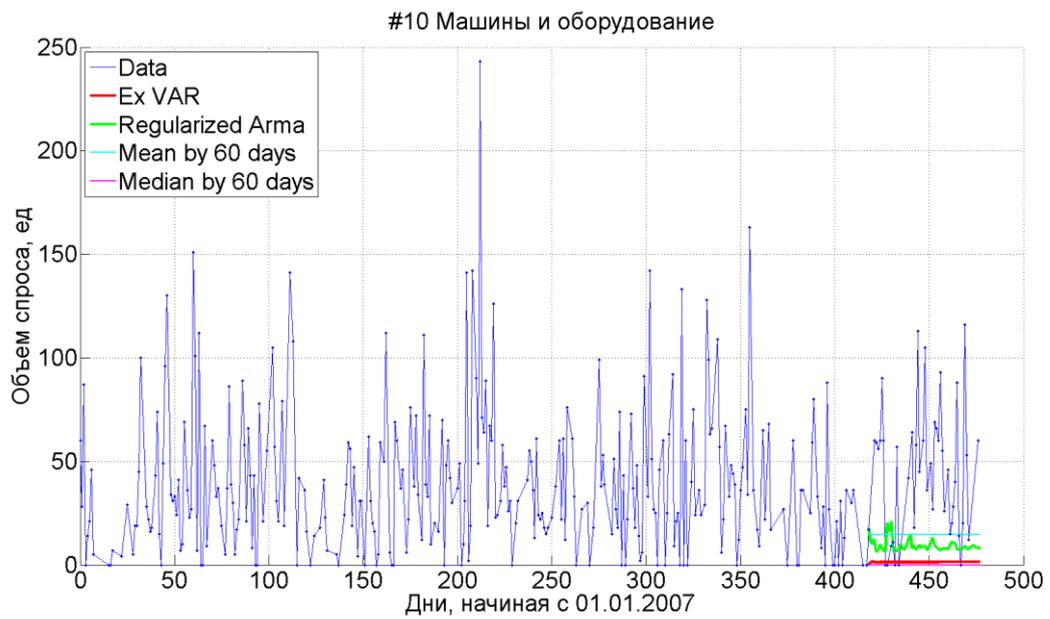


Рис. В.2.45. Тип груза #10 Машины и оборудование - Прогноз

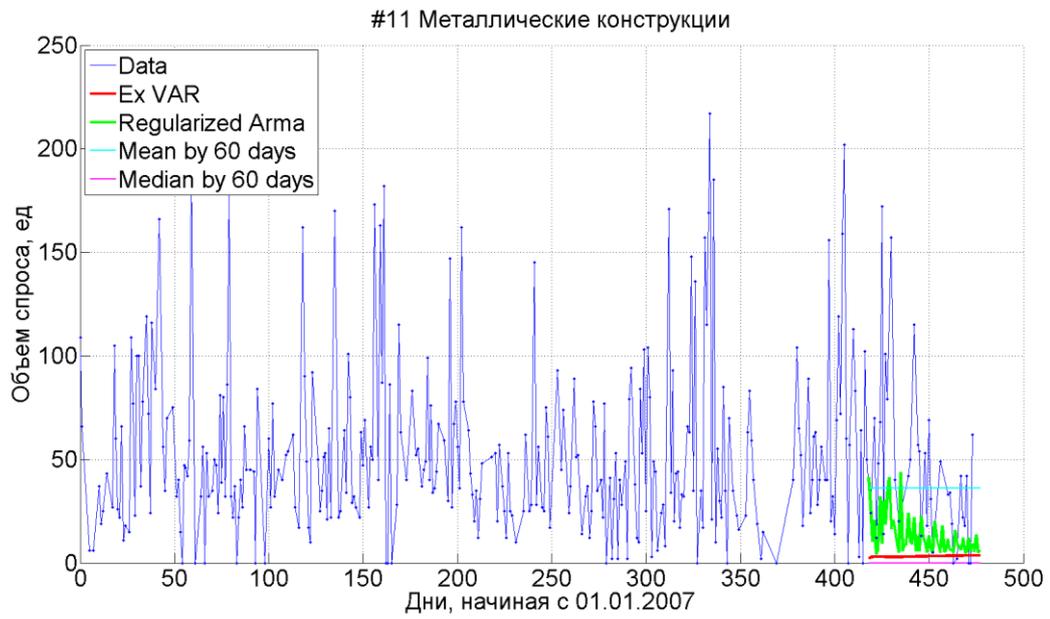


Рис. В.2.46. Тип груза #11 Металлические конструкции - Прогноз

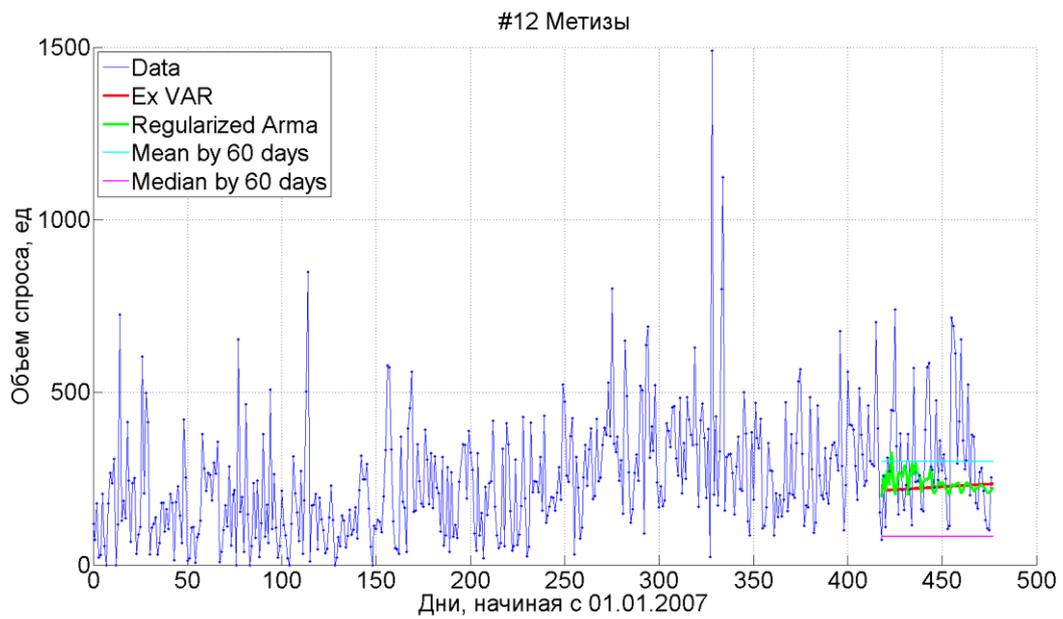


Рис. В.2.47. Тип груза #12 Метизы - Прогноз

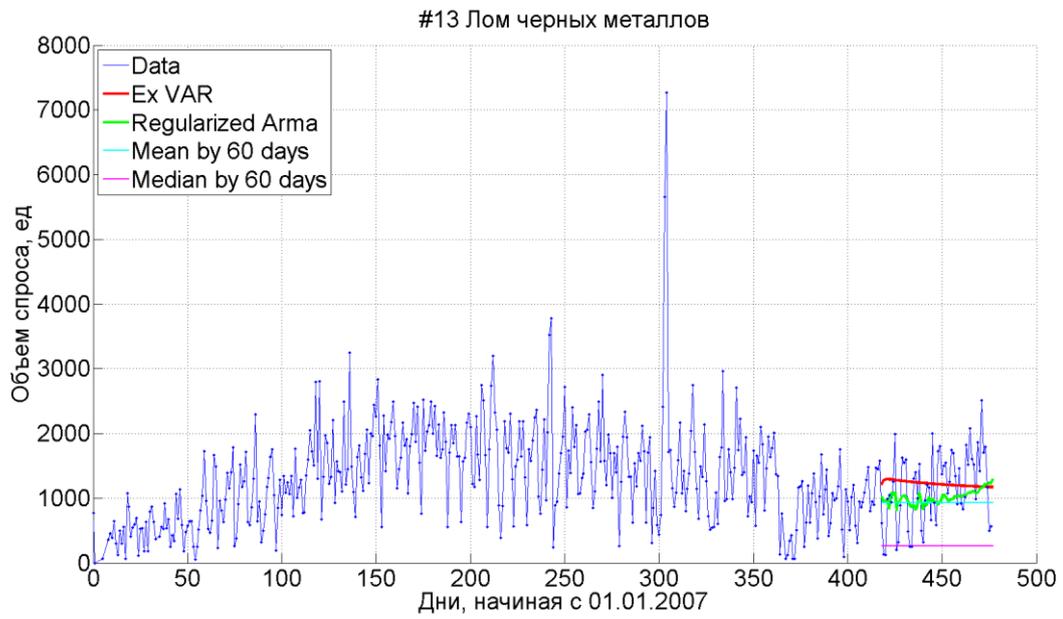


Рис. В.2.48. Тип груза #13 Лом черных металлов - Прогноз

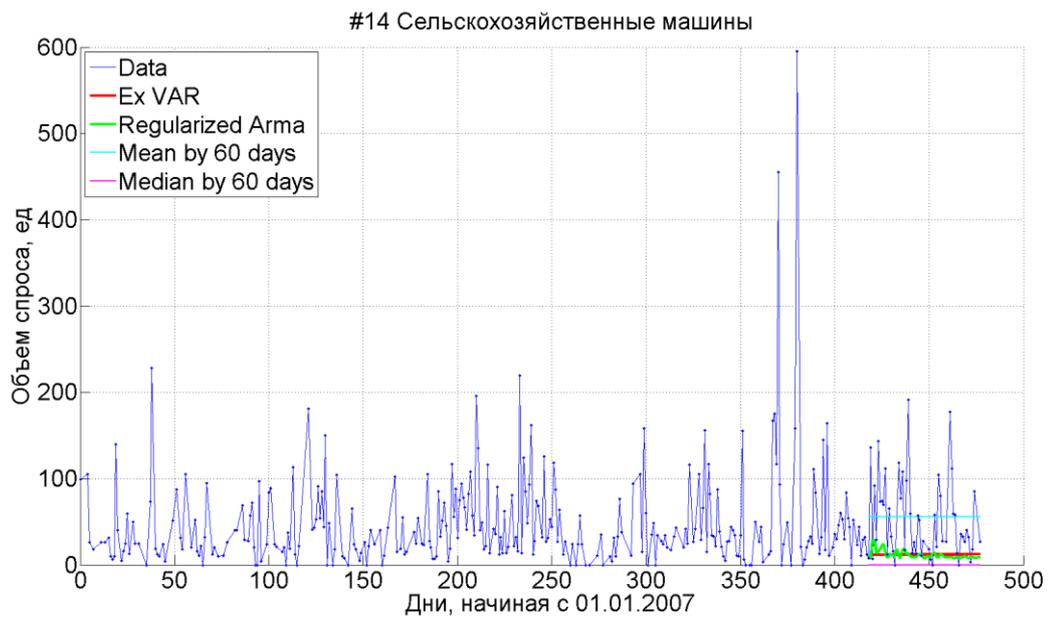


Рис. В.2.49. Тип груза #14 Сельскохозяйственные машины - Прогноз

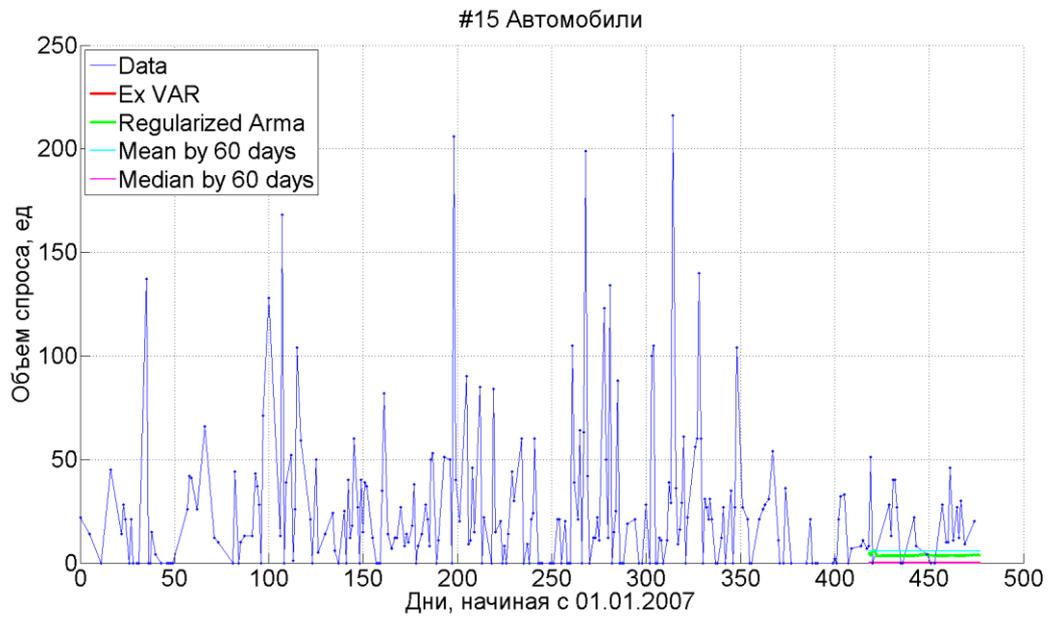


Рис. В.2.50. Тип груза #15 Автомобили - Прогноз

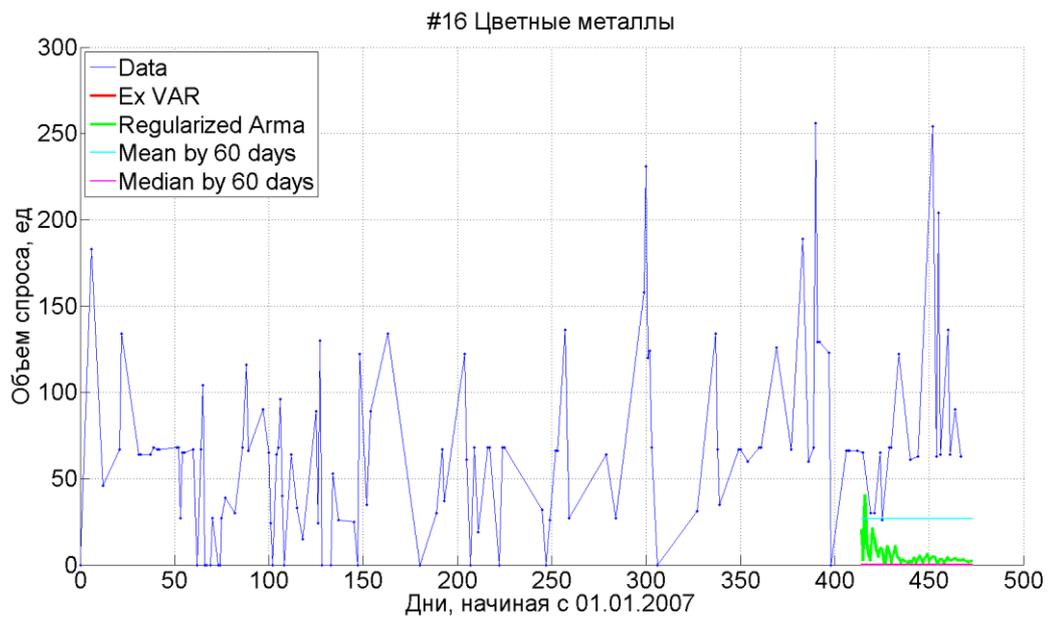


Рис. В.2.51. Тип груза #16 Цветные металлы - Прогноз

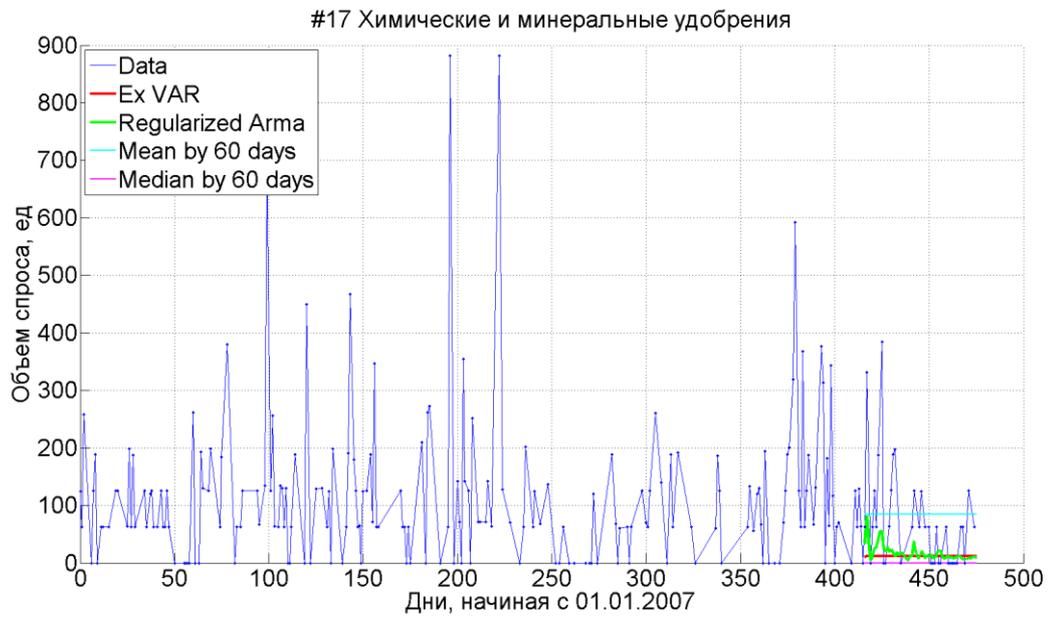


Рис. В.2.52. Тип груза #17 Химические и минеральные удобрения - Прогноз

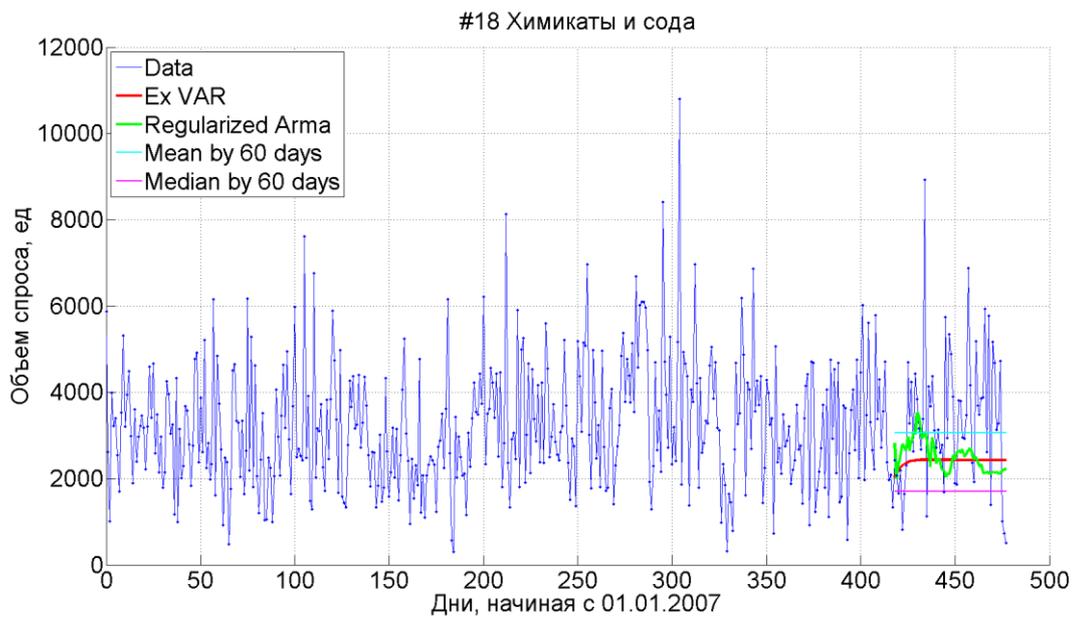


Рис. В.2.53. Тип груза #18 Химикаты и сода - Прогноз

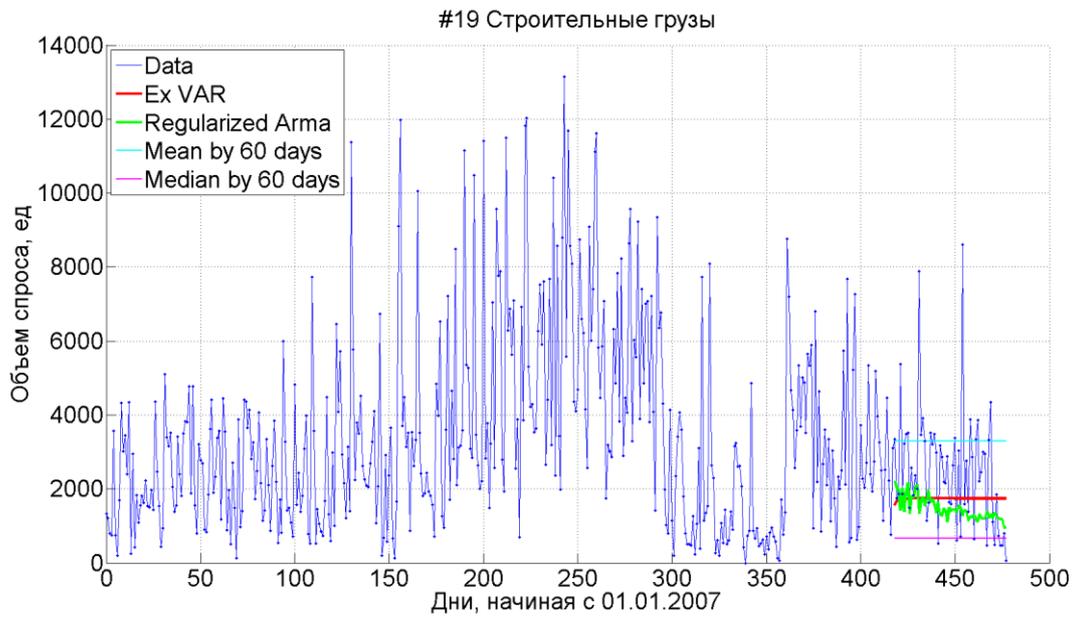


Рис. В.2.54. Тип груза #19 Строительные грузы - Прогноз

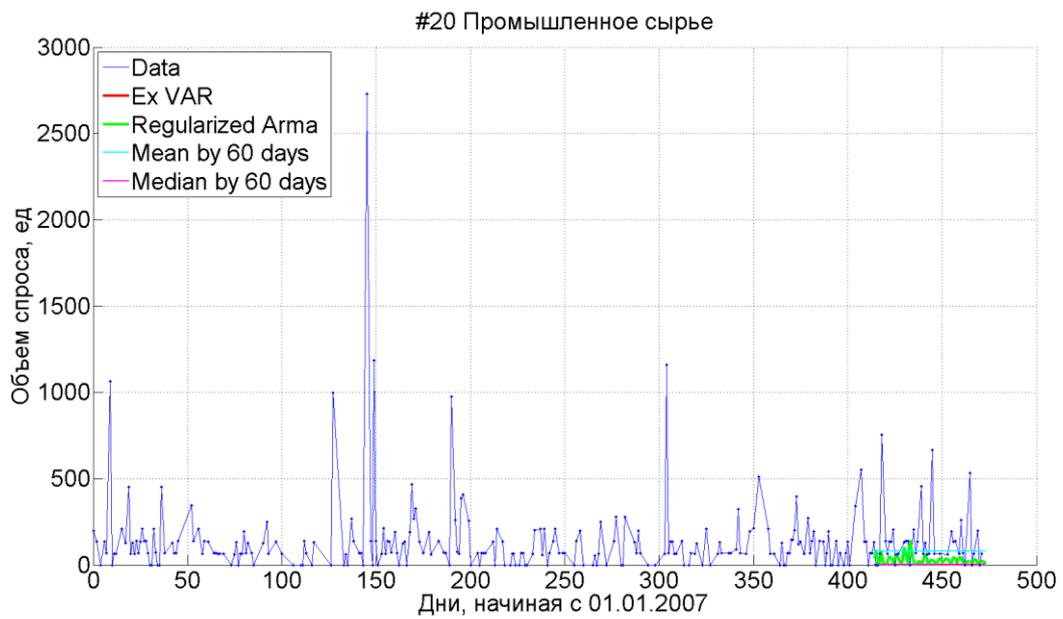


Рис. В.2.55. Тип груза #20 Промышленное сырье - Прогноз



Рис. В.2.56. Тип груза #21 Шлаки гранулированные - Прогноз

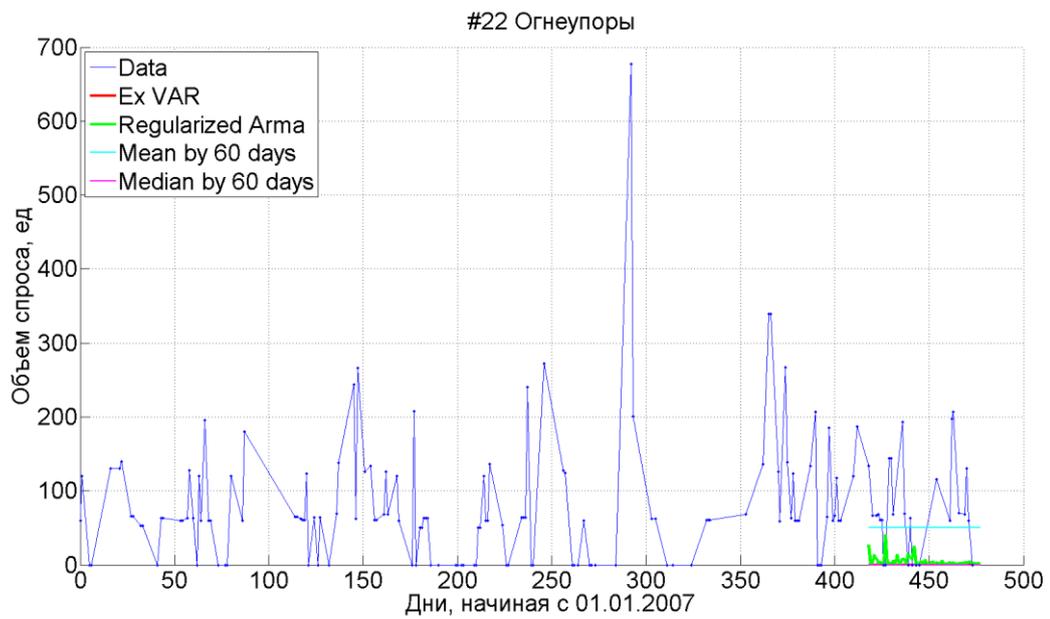


Рис. В.2.57. Тип груза #22 Огнеупоры - Прогноз

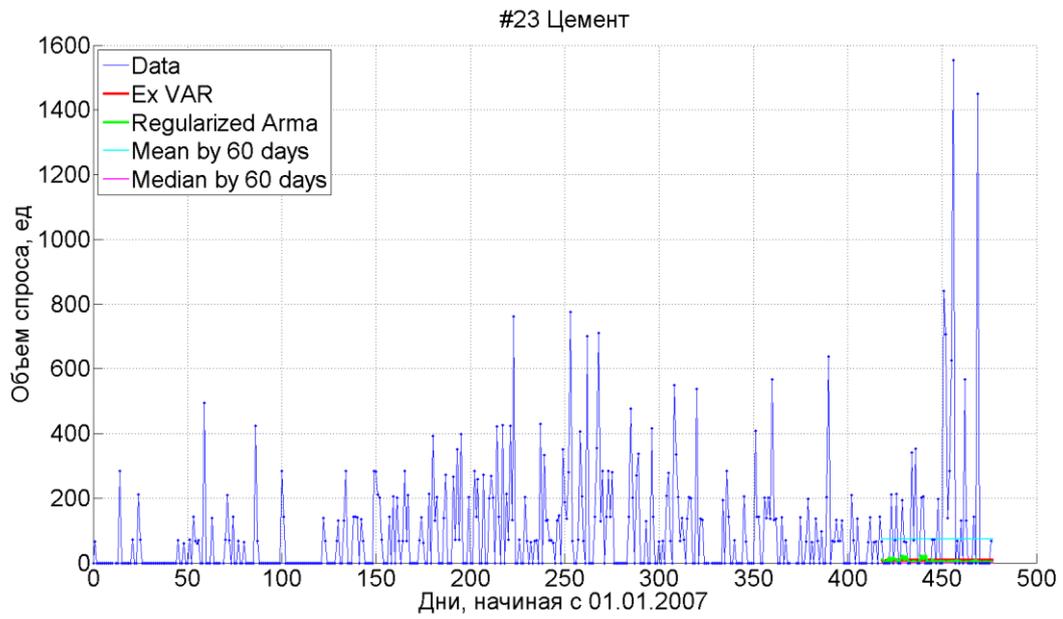


Рис. В.2.58. Тип груза #23 Цемент - Прогноз

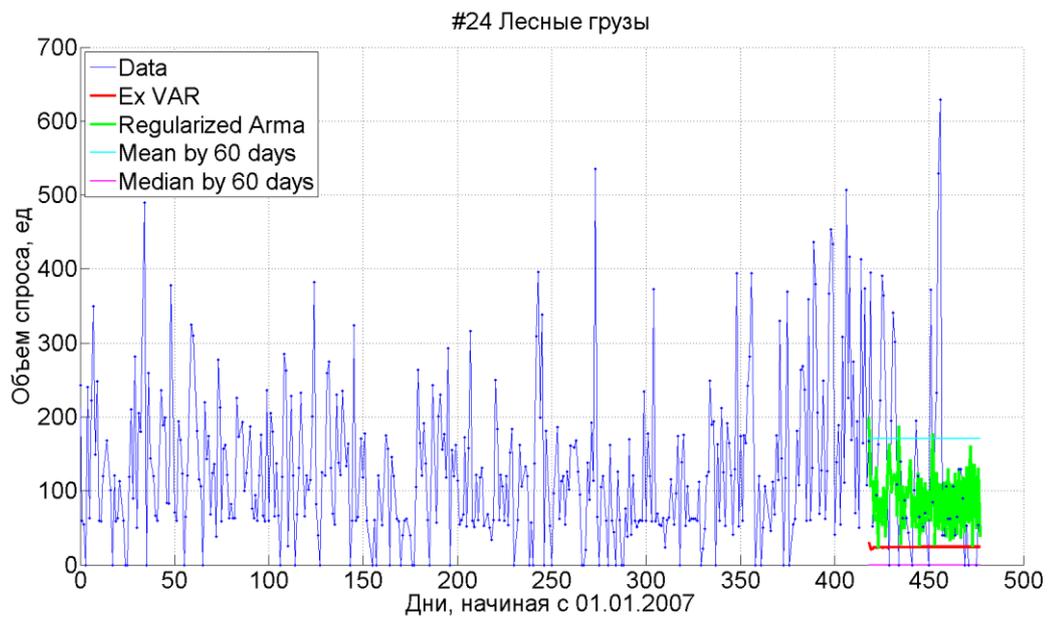


Рис. В.2.59. Тип груза #24 Лесные грузы - Прогноз

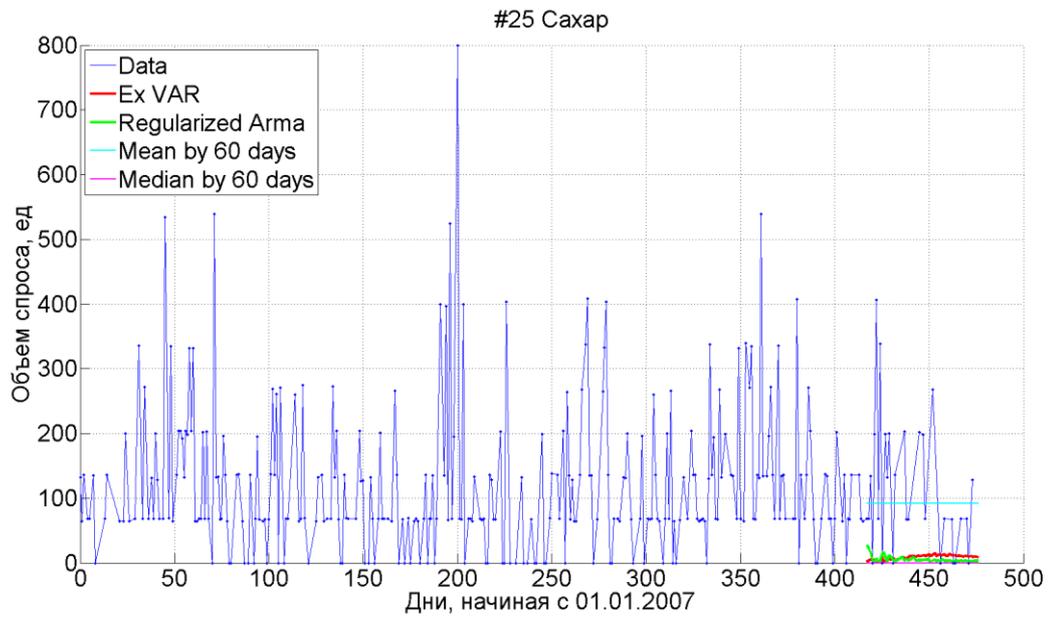


Рис. В.2.60. Тип груза #25 Сахар - Прогноз

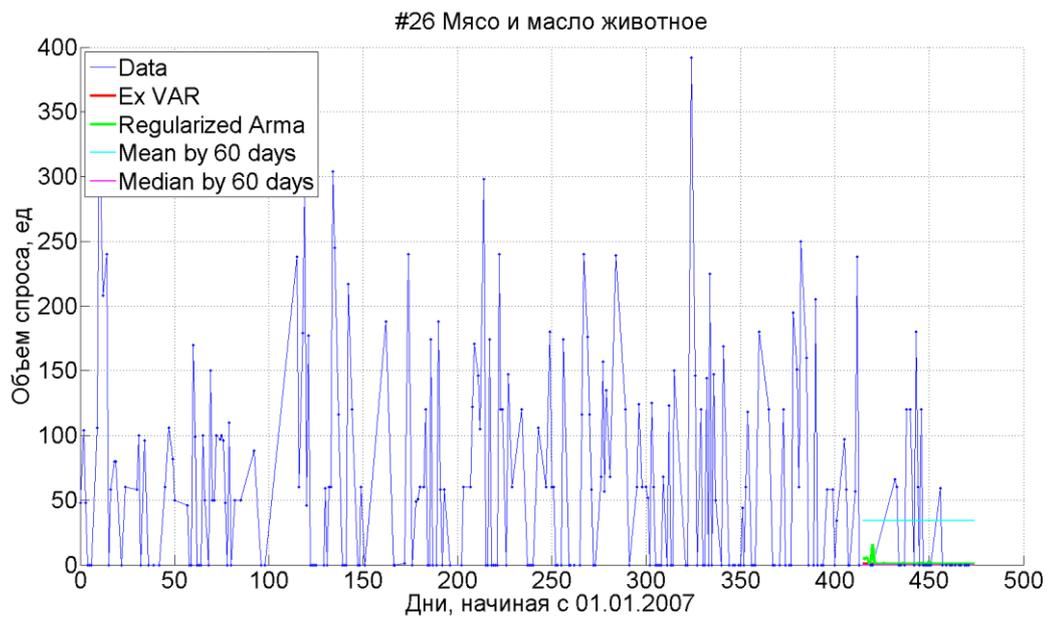


Рис. В.2.61. Тип груза #26 Мясо и масло животное - Прогноз

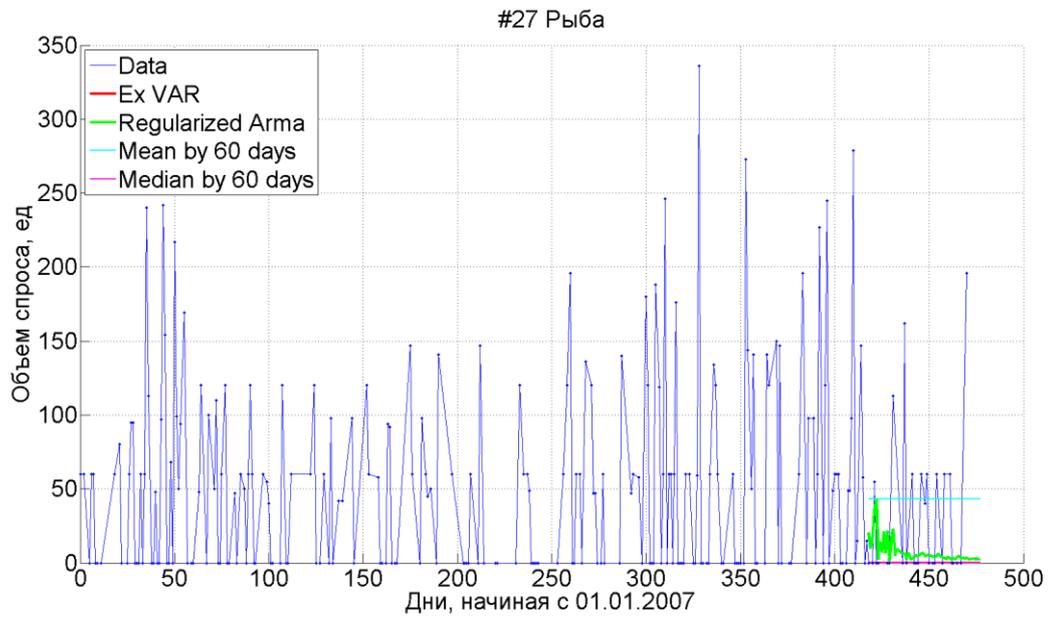


Рис. В.2.62. Тип груза #27 Рыба - Прогноз

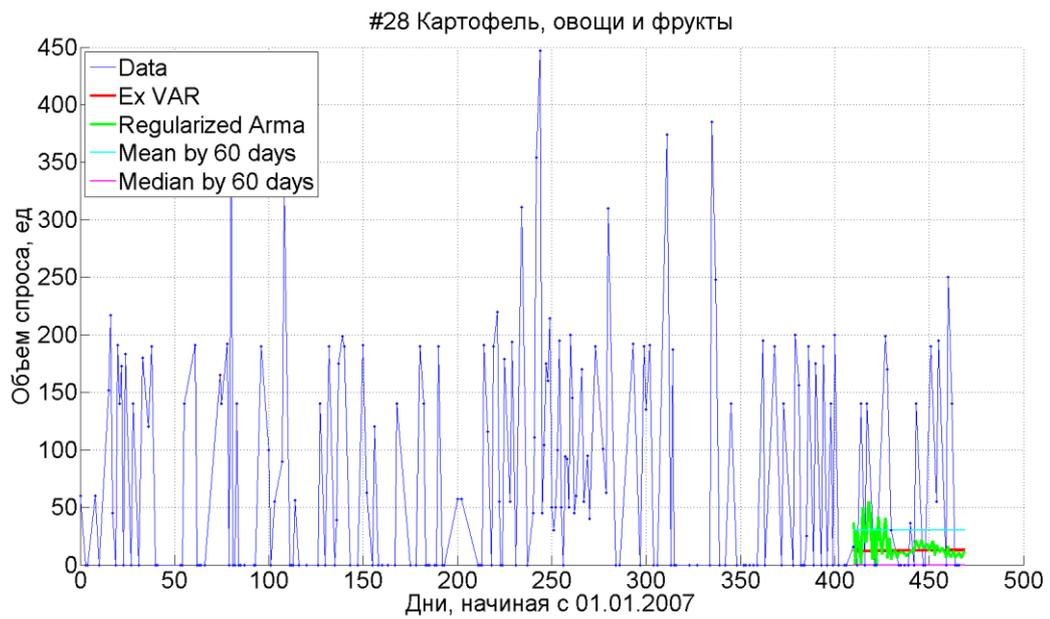


Рис. В.2.63. Тип груза #28 Картофель, овощи и фрукты - Прогноз

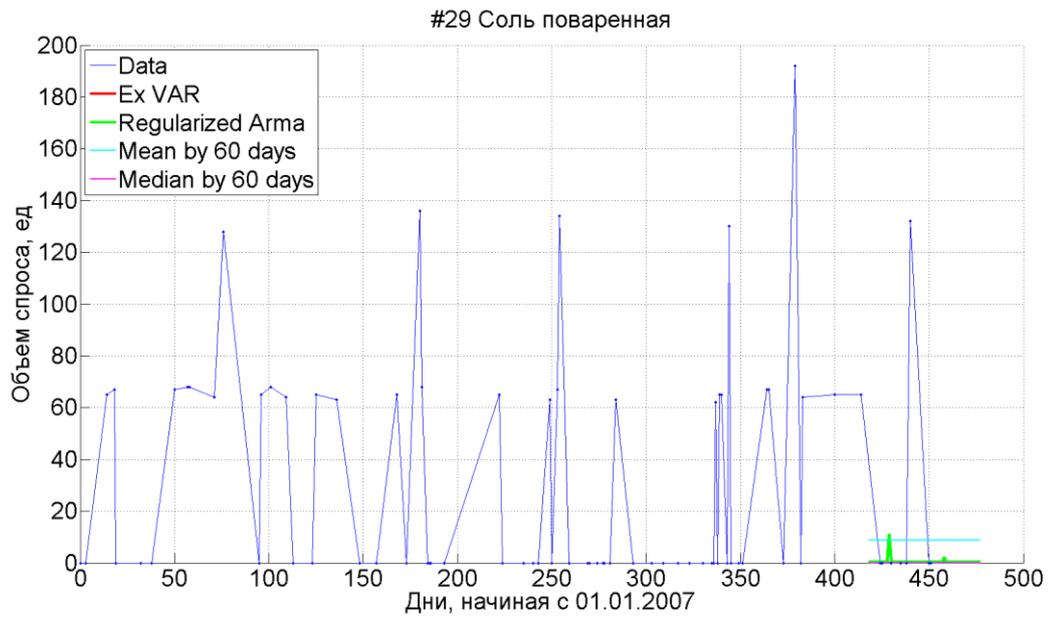


Рис. В.2.64. Тип груза #29 Соль поваренная - Прогноз



Рис. В.2.65. Тип груза #30 Остальные продовольственные товары - Прогноз

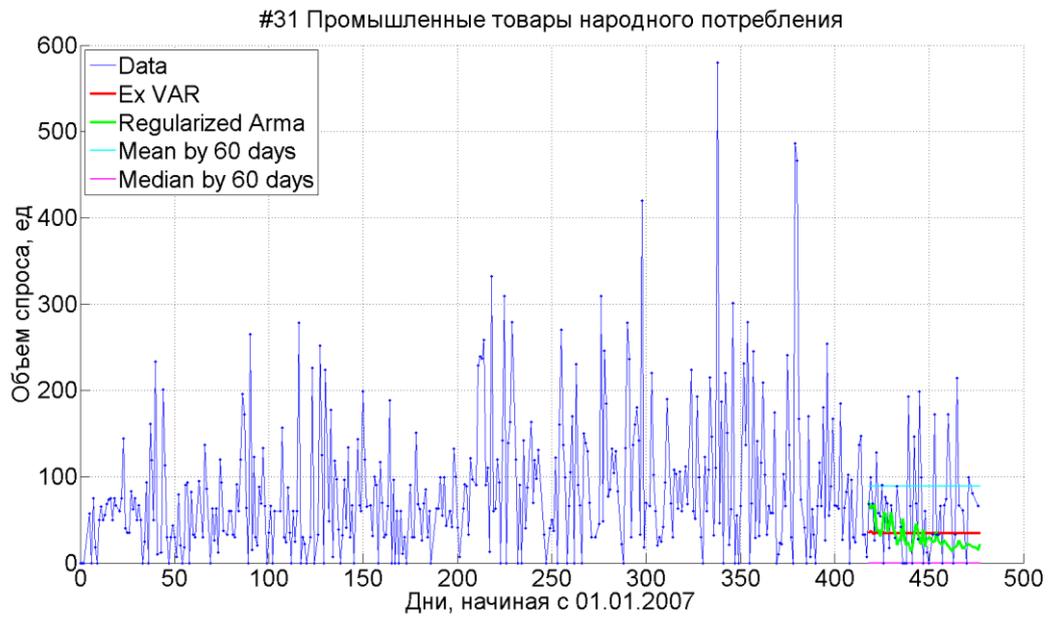


Рис. В.2.66. Тип груза #31 Промышленные товары народного потребления -  
Прогноз

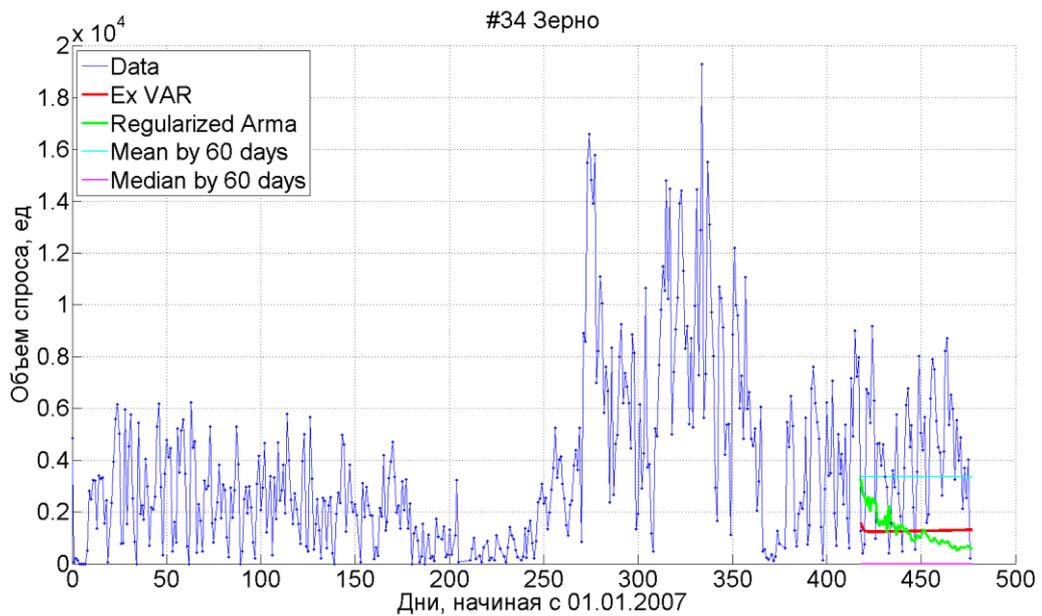


Рис. В.2.67. Тип груза #34 Зерно - Прогноз

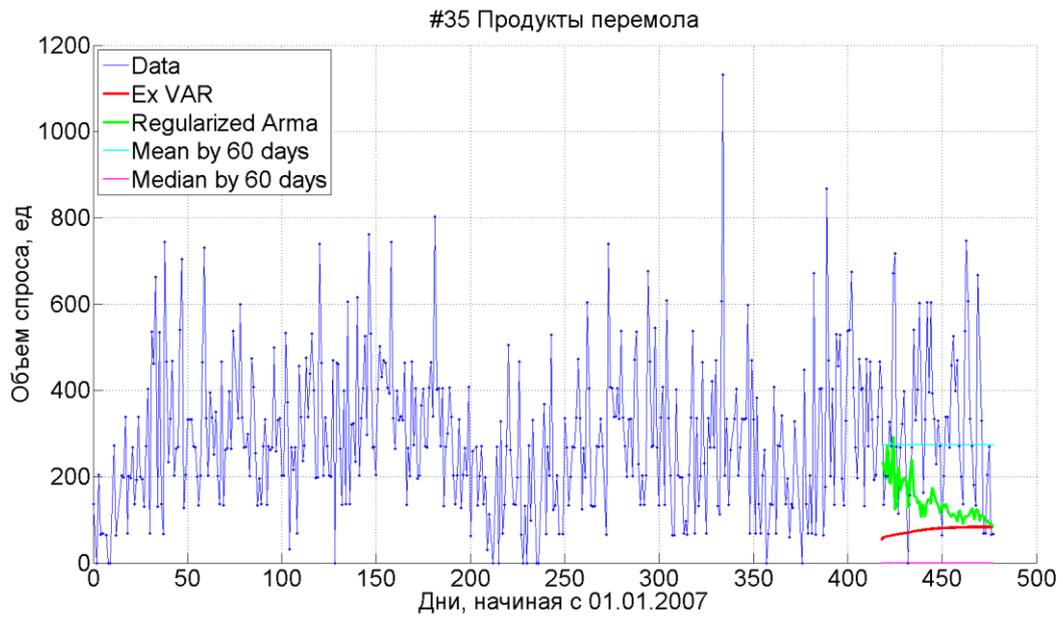


Рис. В.2.68. Тип груза #35 Продукты перемола - Прогноз

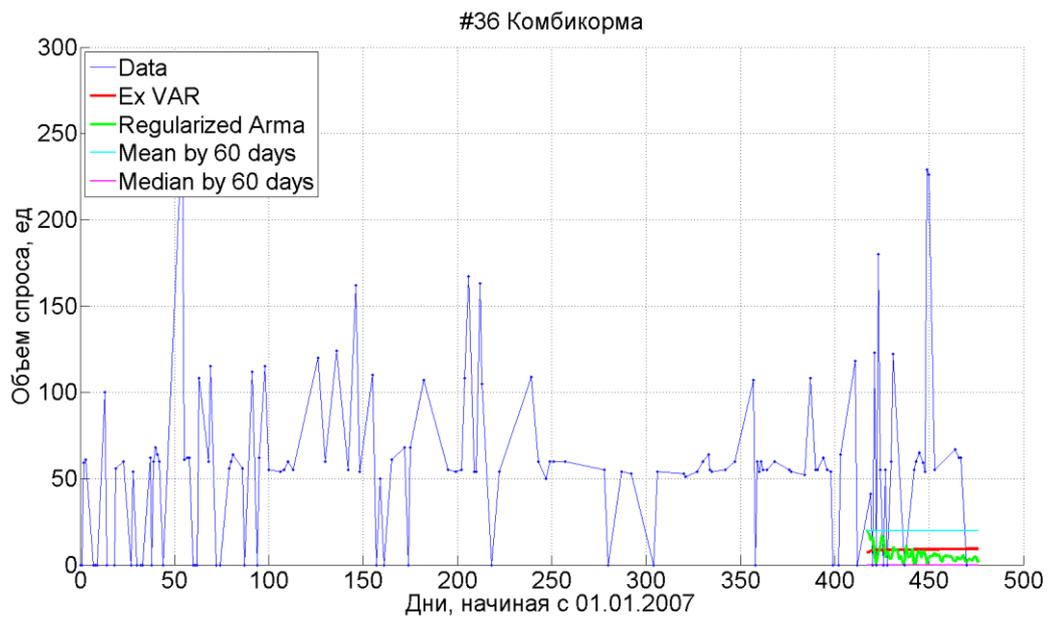


Рис. В.2.69. Тип груза #36 Комбикорма - Прогноз

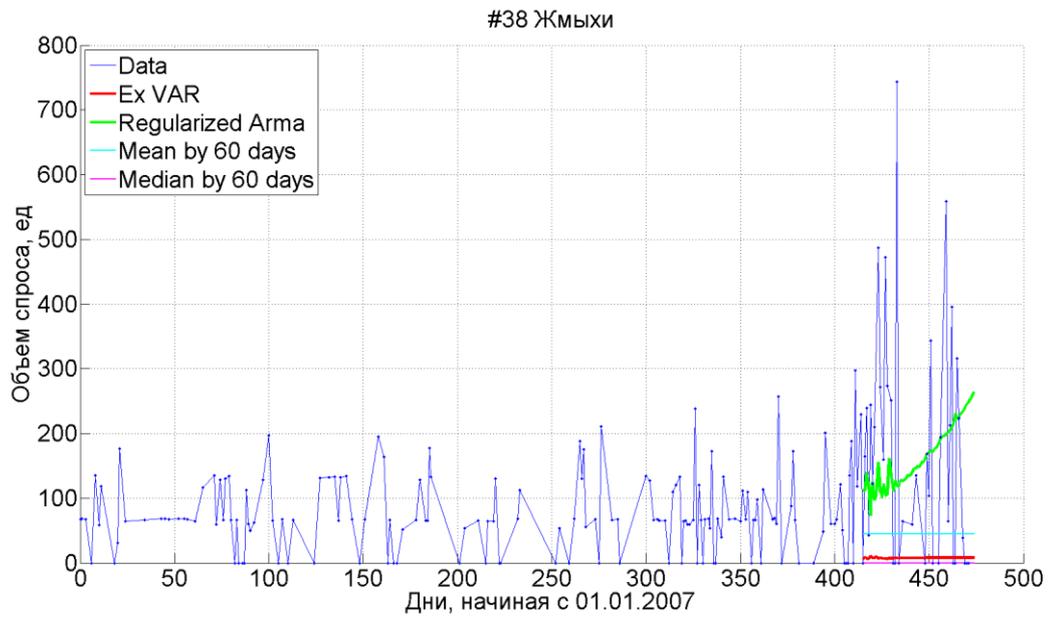


Рис. В.2.70. Тип груза #38 Жмыхи - Прогноз

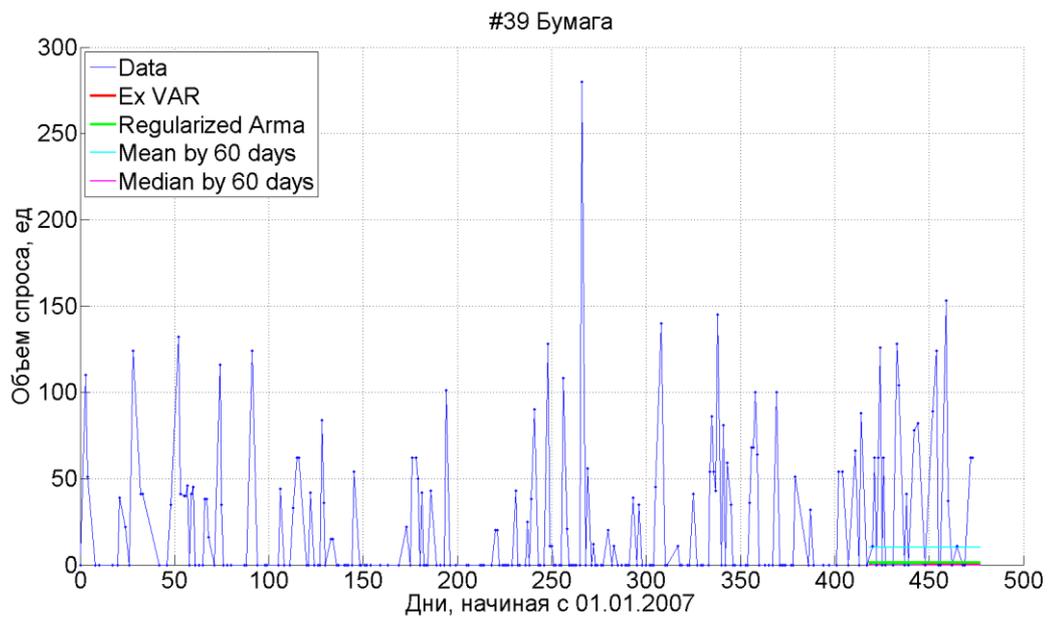


Рис. В.2.71. Тип груза #39 Бумага - Прогноз

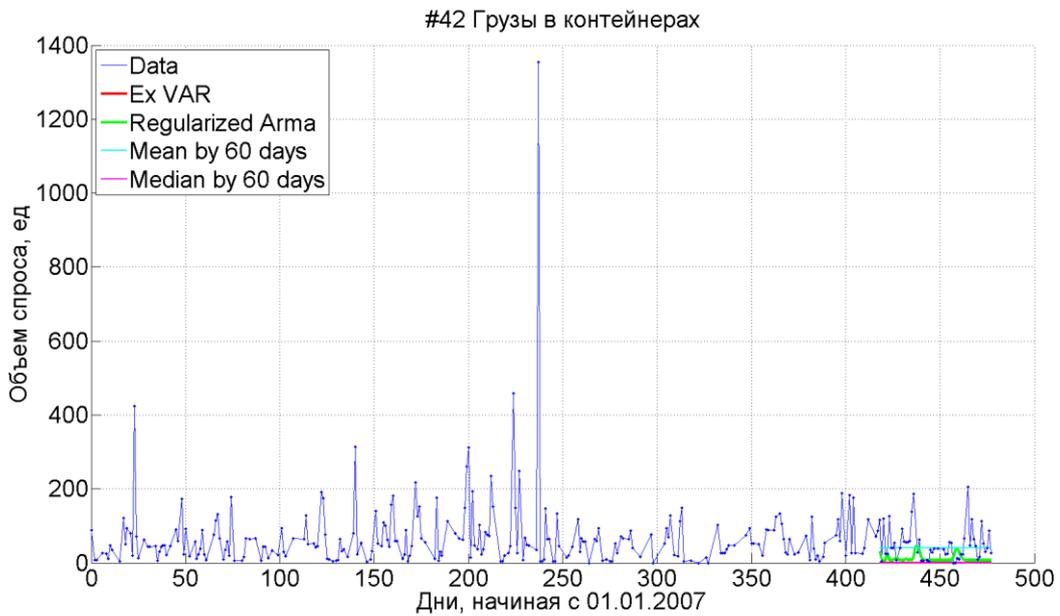


Рис. В.2.72. Тип груза #42 Грузы в контейнерах - Прогноз

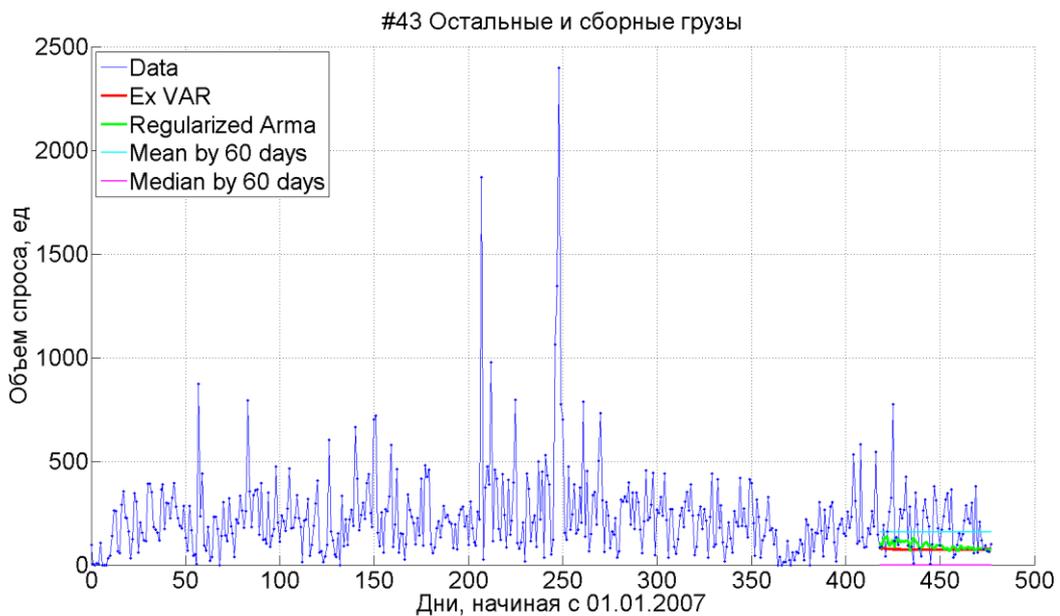


Рис. В.2.73. Тип груза #43 Остальные и сборные грузы - Прогноз

5) Диаграммы значений ошибок прогнозирования MAE и MAPE с детализацией по дням, неделям, месяцам, агрегированных по парам станций и регионов для данного типа груза, вычисленных по формулам (10, 12, 14, 16, 18, 20) и (22, 24, 26, 28, 30, 32), соответственно, представлены на рис. В.2.74 – В.2.109; по оси абсцисс отложена выбранная детализация по времени, по оси ординат – значение ошибки MAE или MAPE для пар станций или регионов.

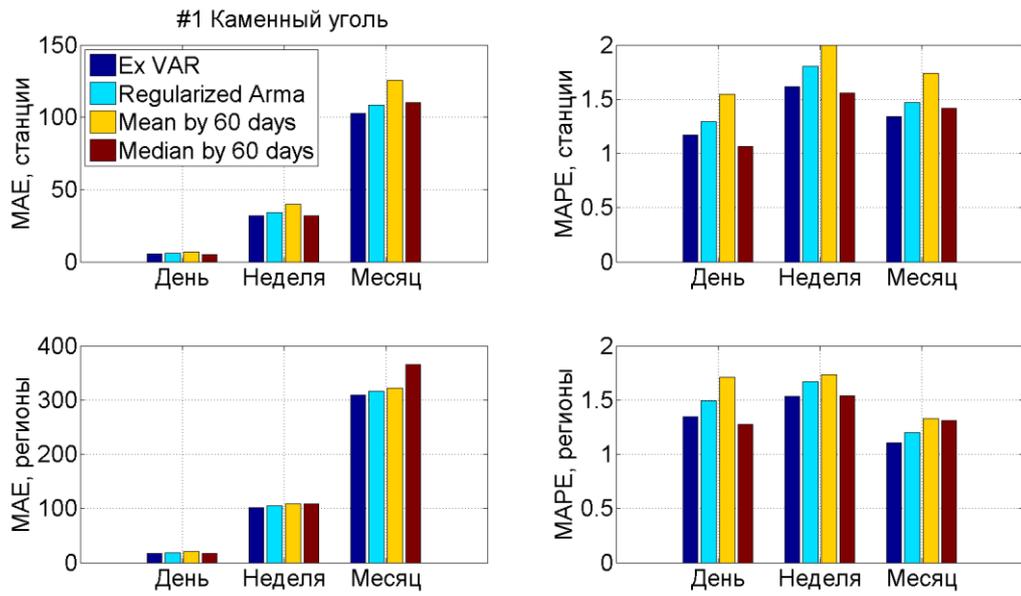


Рис. В.2.74. Тип груза #1 Каменный уголь - Ошибка прогнозирования

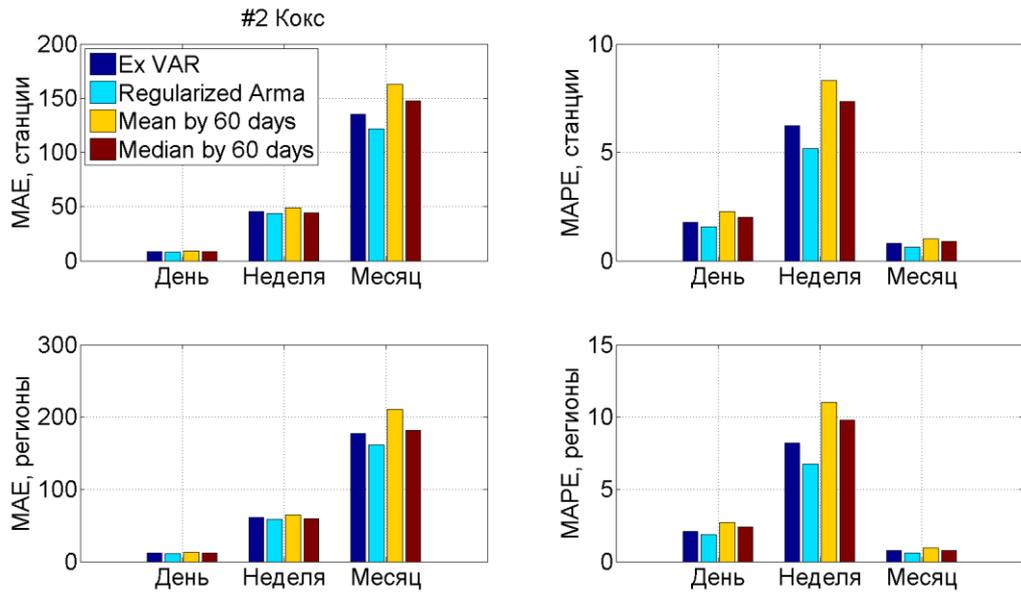


Рис. В.2.75. Тип груза #2 Кокс - Ошибка прогнозирования

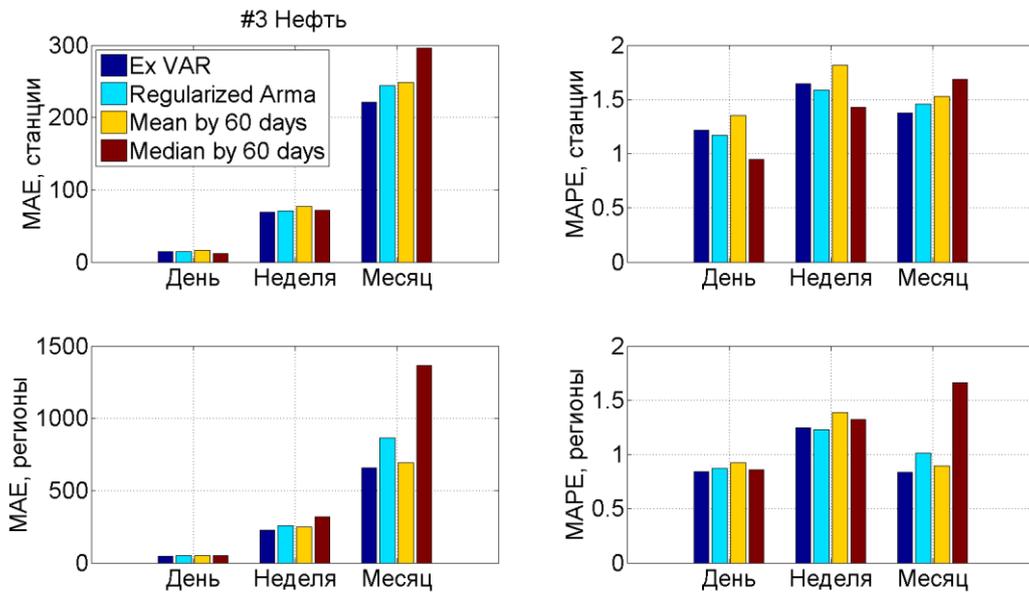


Рис. В.2.76. Тип груза #3 Нефть - Ошибка прогнозирования

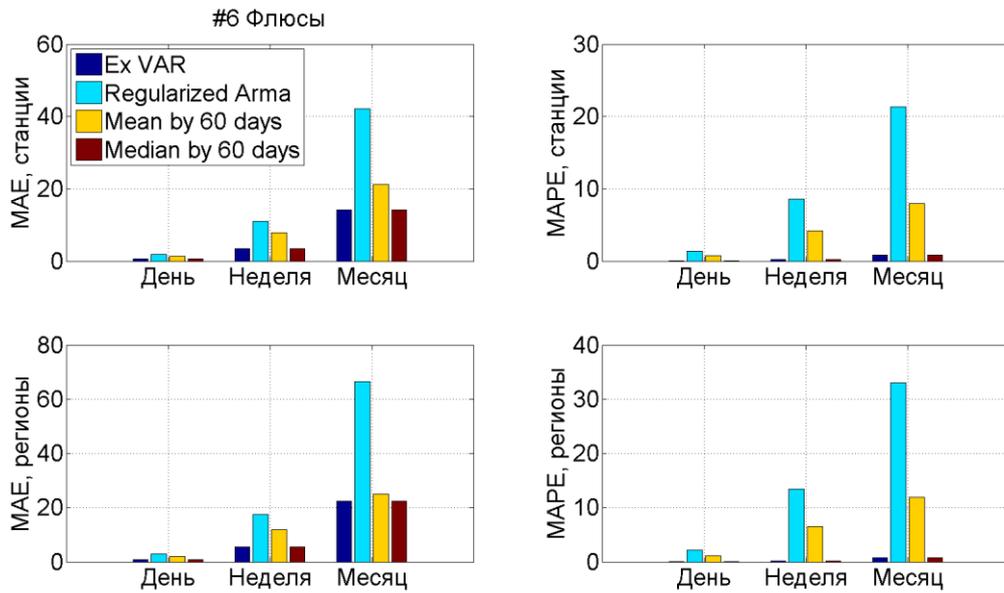


Рис. В.2.77. Тип груза #6 Флюсы - Ошибка прогнозирования

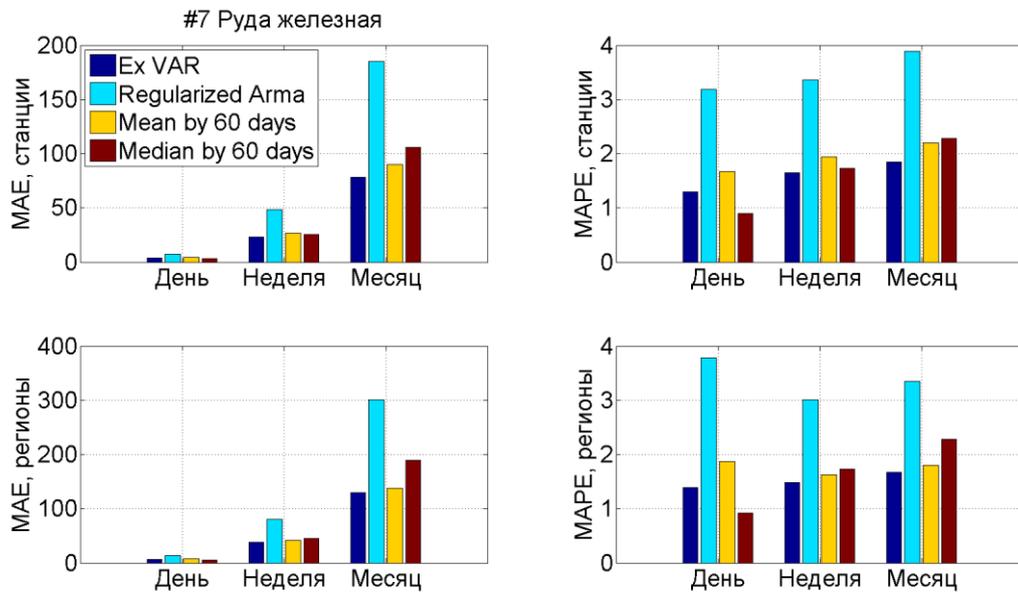


Рис. В.2.78. Тип груза #7 Руда железная - Ошибка прогнозирования

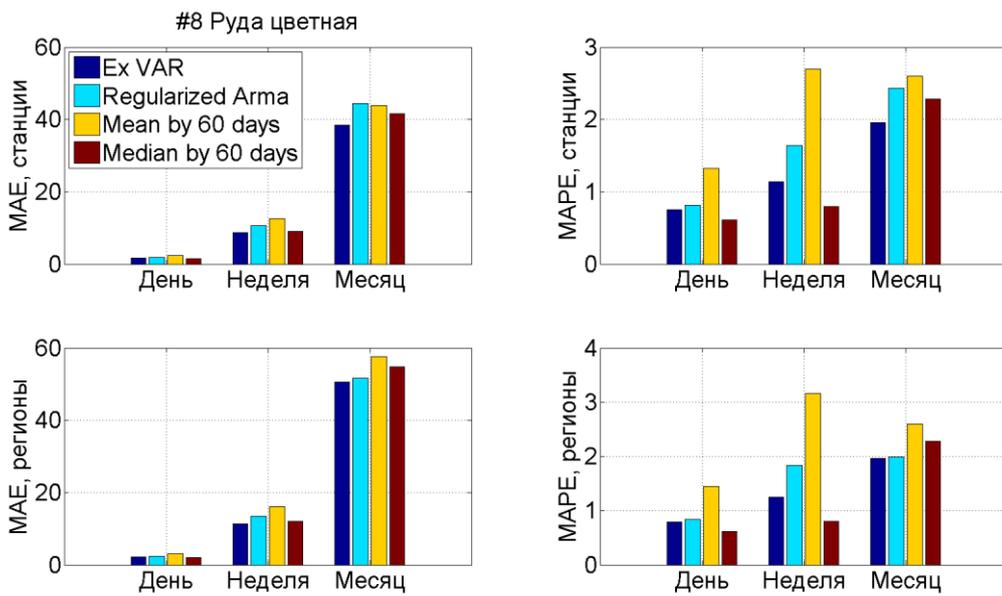


Рис. В.2.79. Тип груза #8 Руда цветная - Ошибка прогнозирования

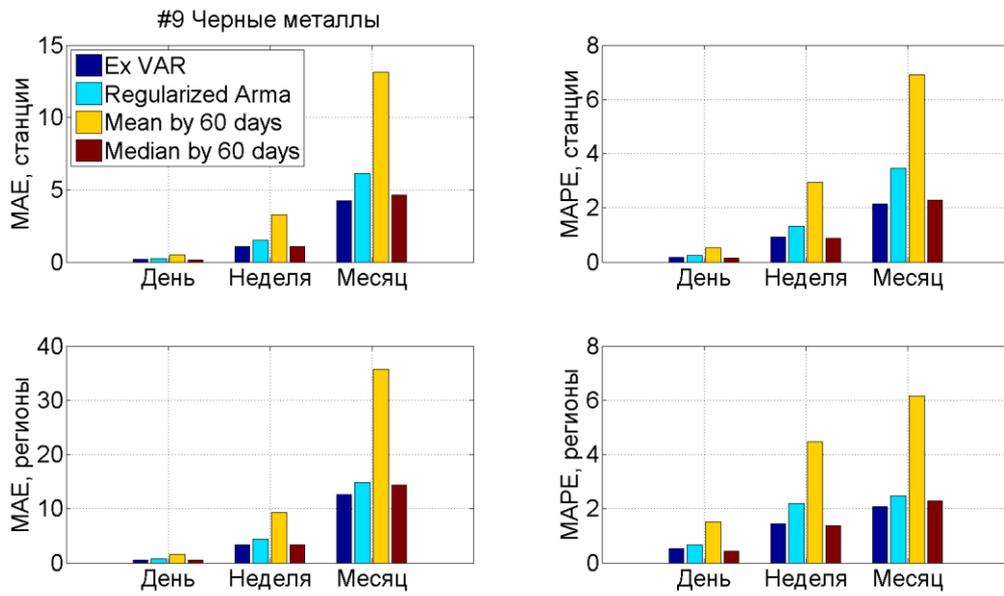


Рис. В.2.80. Тип груза #9 Черные металлы - Ошибка прогнозирования

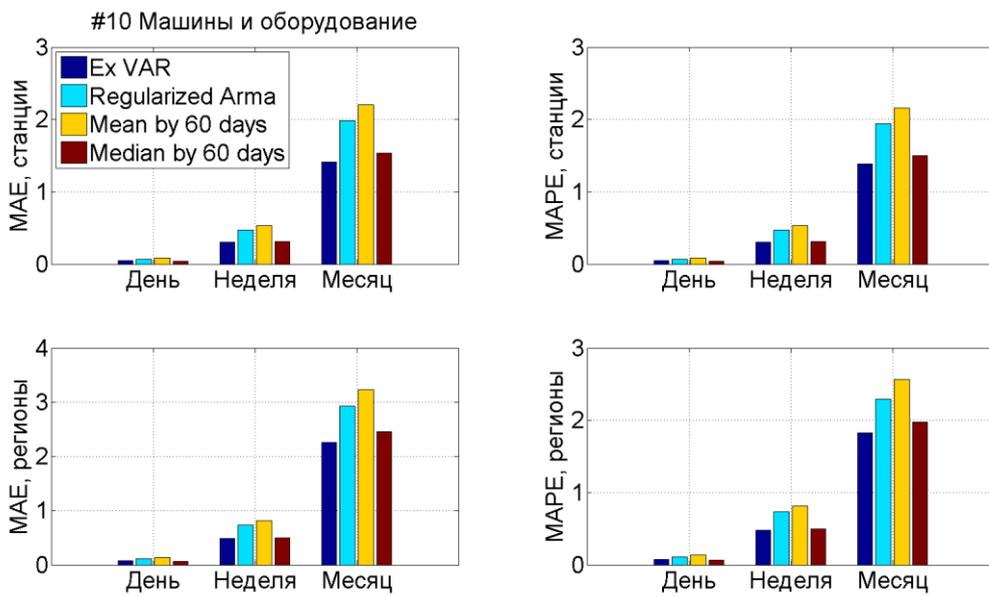


Рис. В.2.81. Тип груза #10 Машины и оборудование - Ошибка прогнозирования

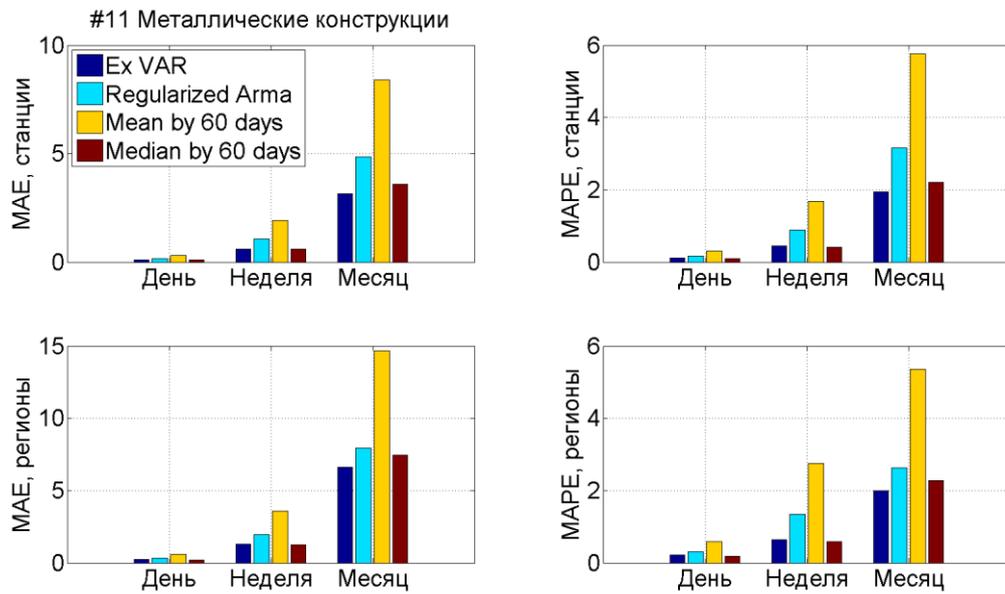


Рис. В.2.82. Тип груза #11 Металлические конструкции - Ошибка прогнозирования

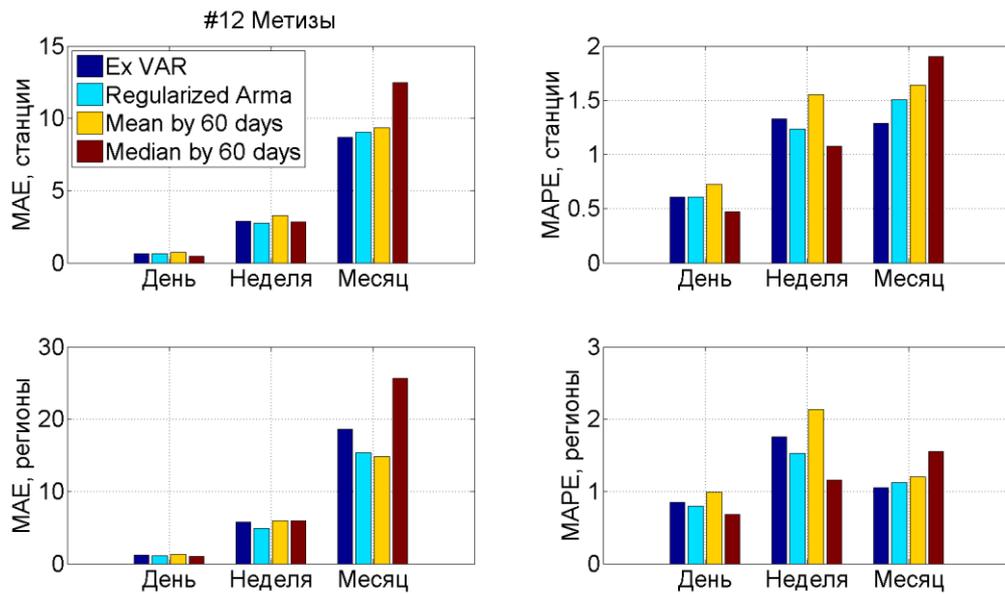


Рис. В.2.83. Тип груза #12 Метизы - Ошибка прогнозирования

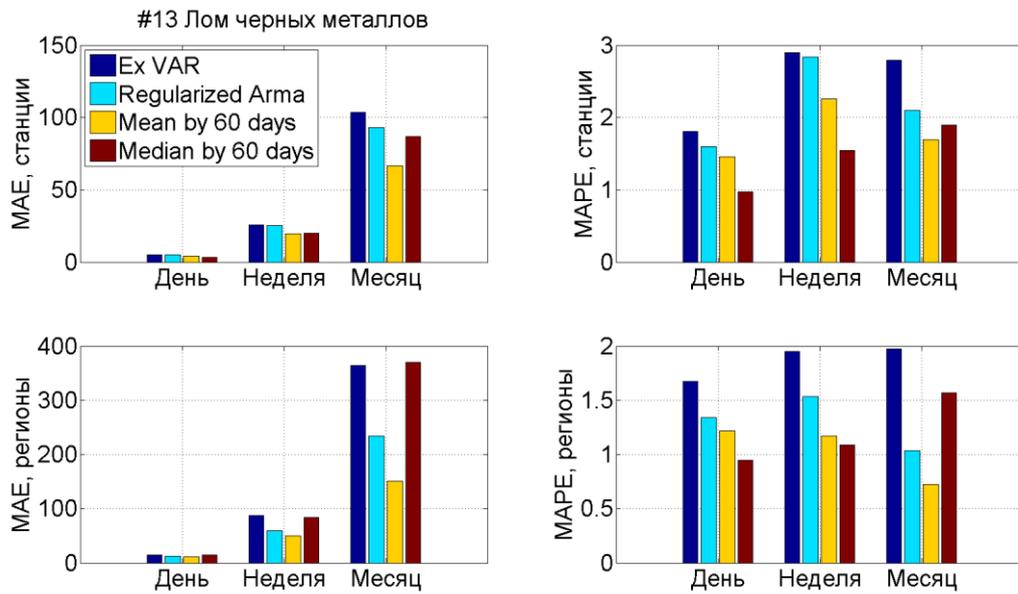


Рис. В.2.84. Тип груза #13 Лом черных металлов - Ошибка прогнозирования

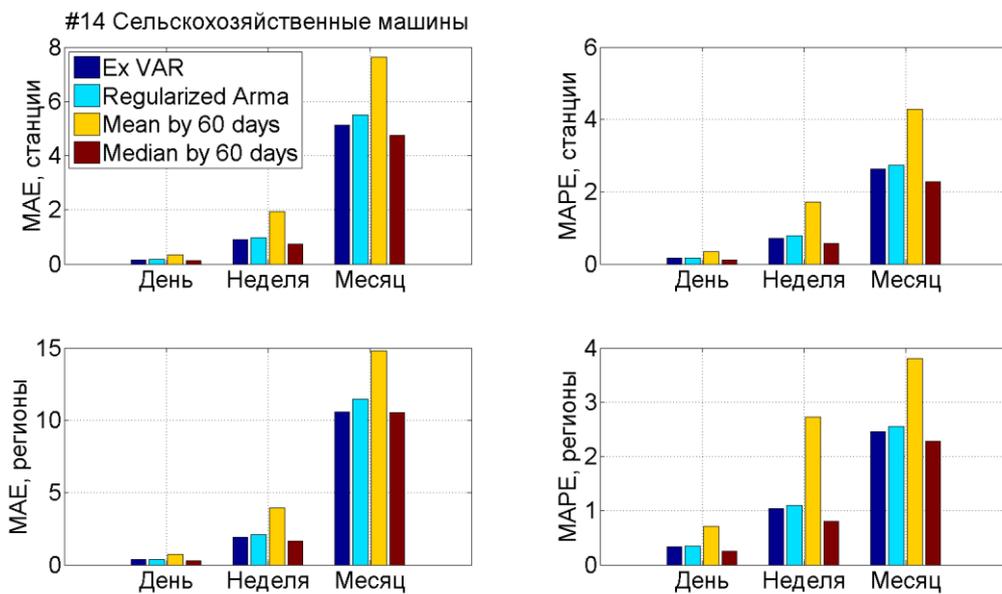


Рис. В.2.85. Тип груза #14 Сельскохозяйственные машины - Ошибка прогнозирования

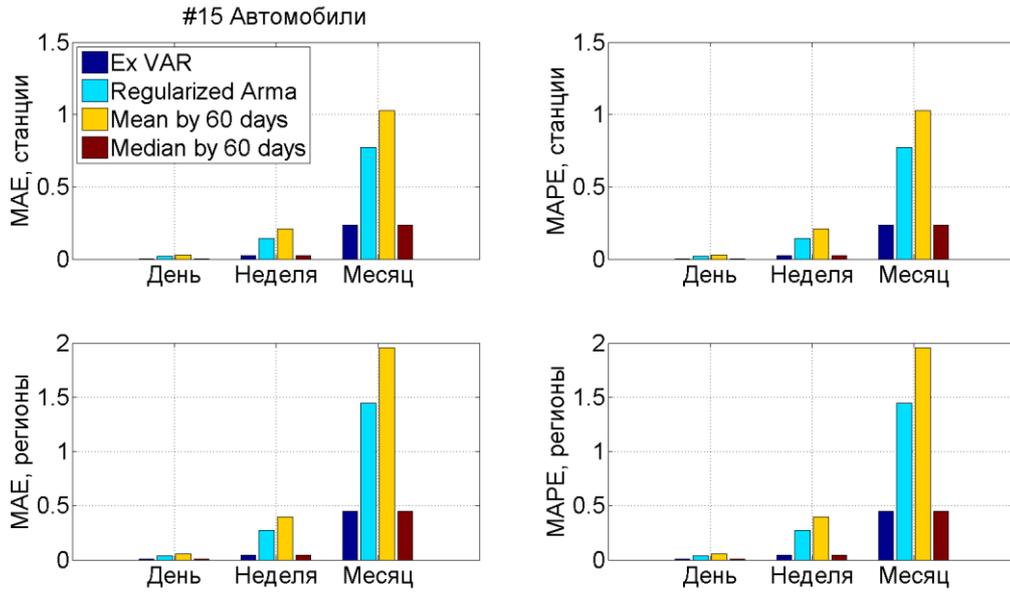


Рис. В.2.86. Тип груза #15 Автомобили - Ошибка прогнозирования

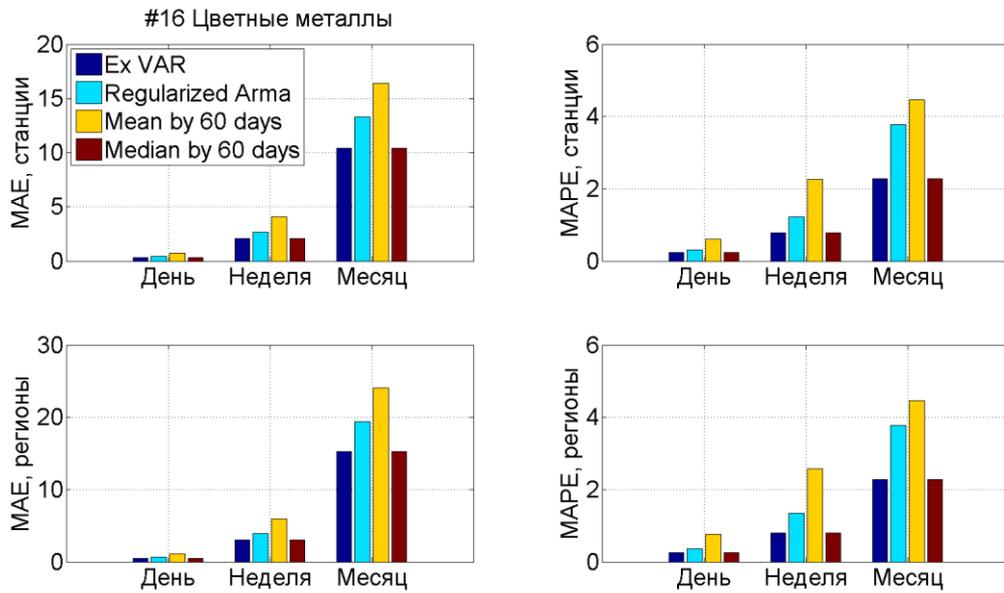


Рис. В.2.87. Тип груза #16 Цветные металлы - Ошибка прогнозирования

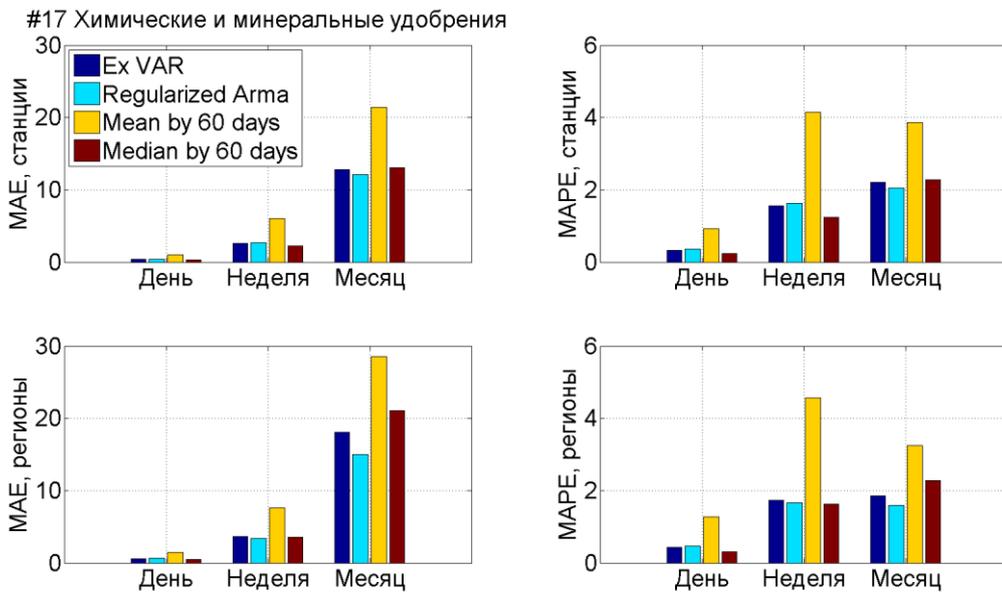


Рис. В.2.88. Тип груза #17 Химические и минеральные удобрения - Ошибка прогнозирования

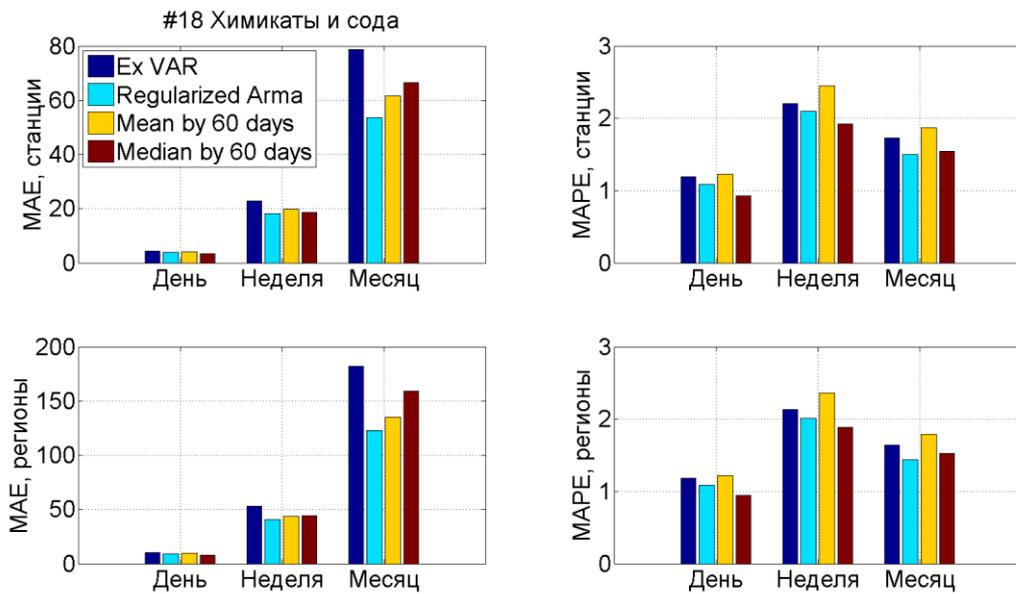


Рис. В.2.89. Тип груза #18 Химикаты и сода - Ошибка прогнозирования

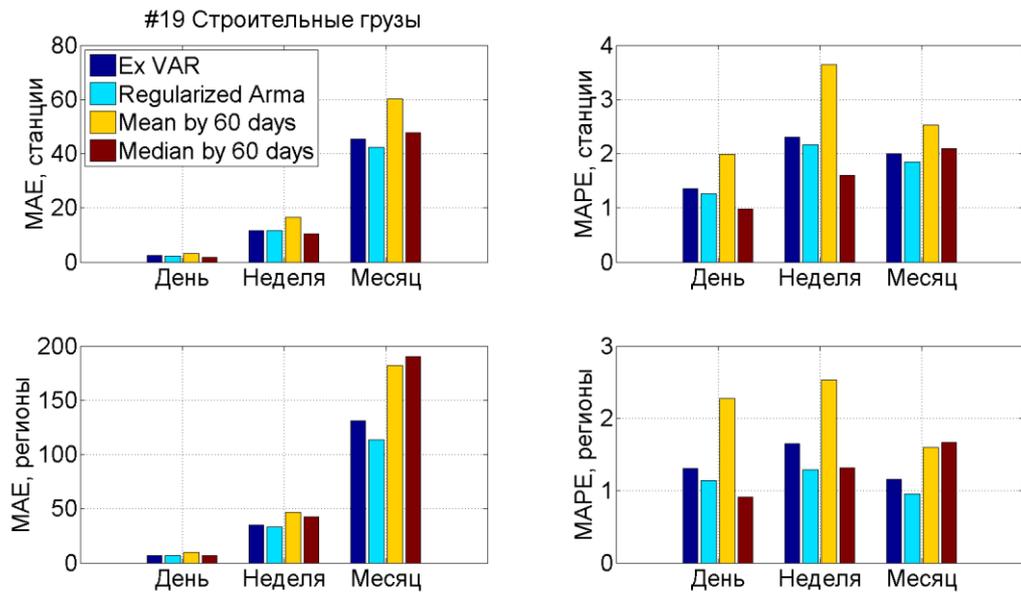


Рис. В.2.90. Тип груза #19 Строительные грузы - Ошибка прогнозирования

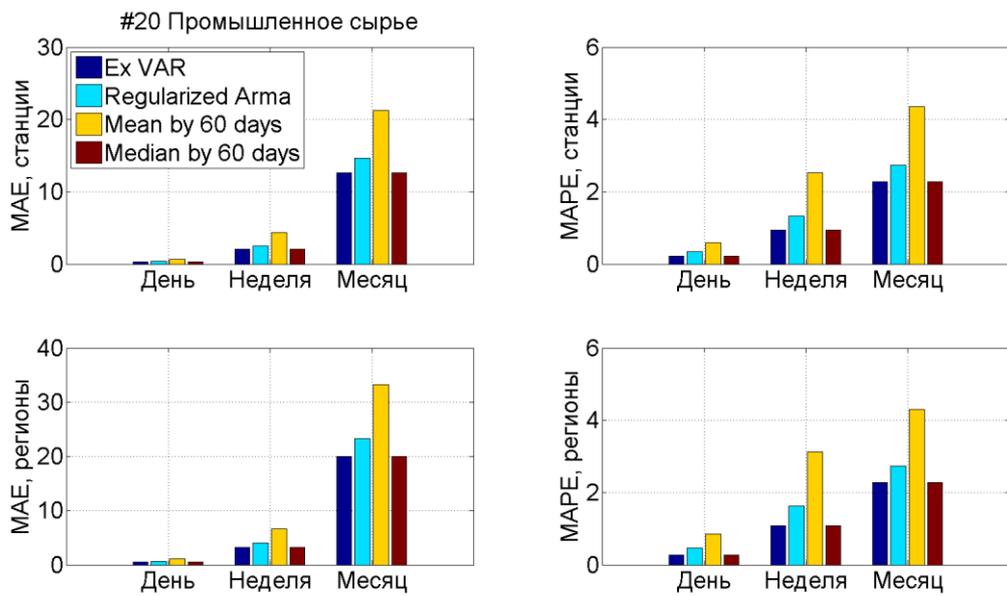


Рис. В.2.91. Тип груза #20 Промышленное сырье - Ошибка прогнозирования

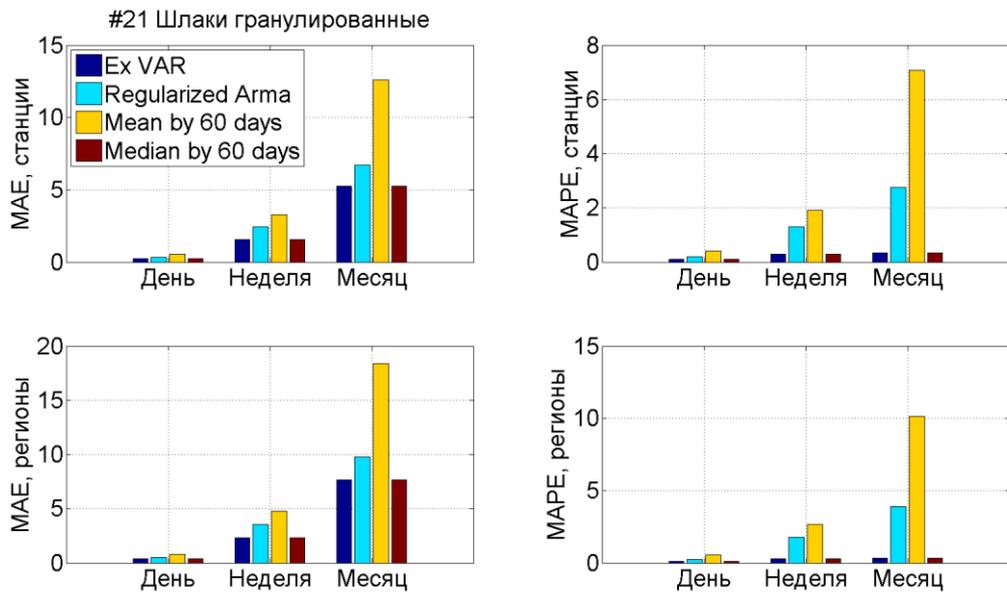


Рис. В.2.92. Тип груза #21 Шлаки гранулированные - Ошибка прогнозирования

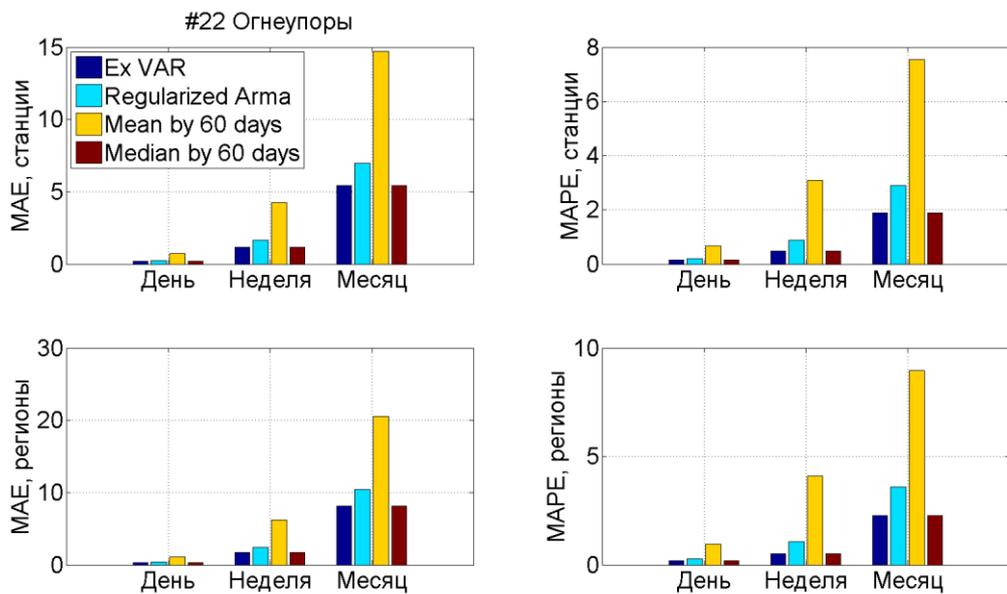


Рис. В.2.93. Тип груза #22 Огнеупоры - Ошибка прогнозирования

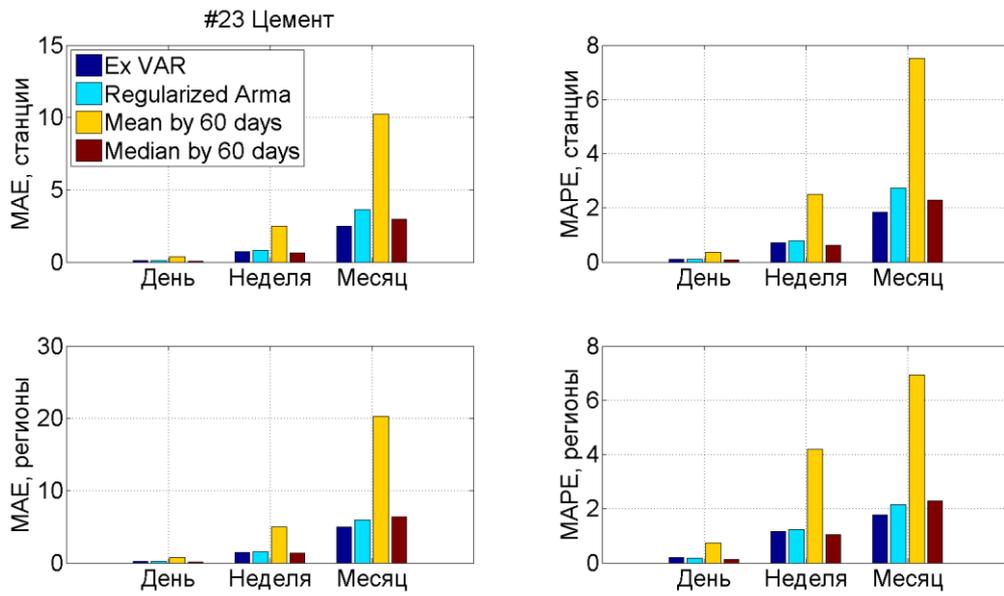


Рис. В.2.94. Тип груза #23 Цемент - Ошибка прогнозирования

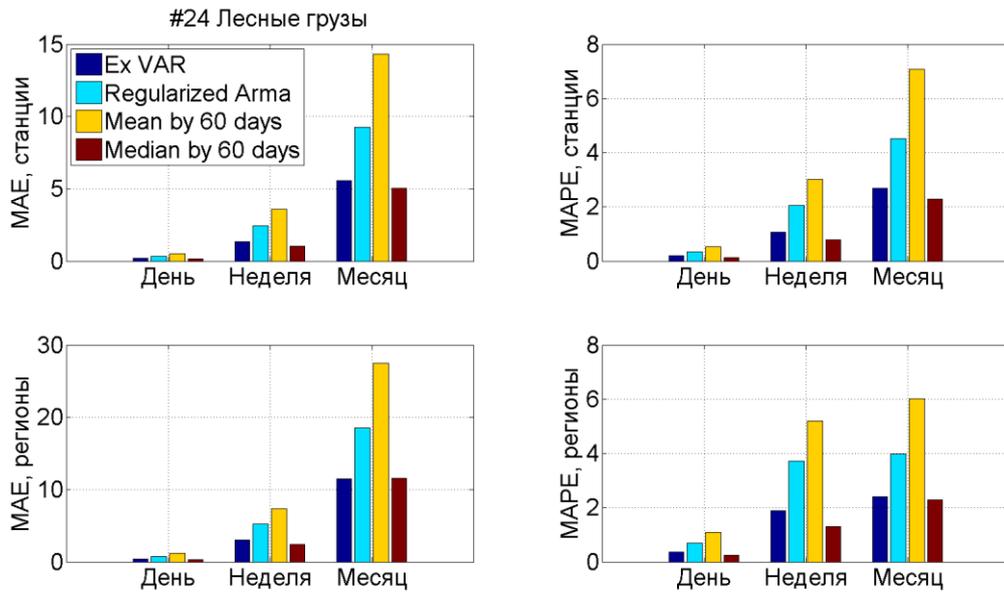


Рис. В.2.95. Тип груза #24 Лесные грузы - Ошибка прогнозирования

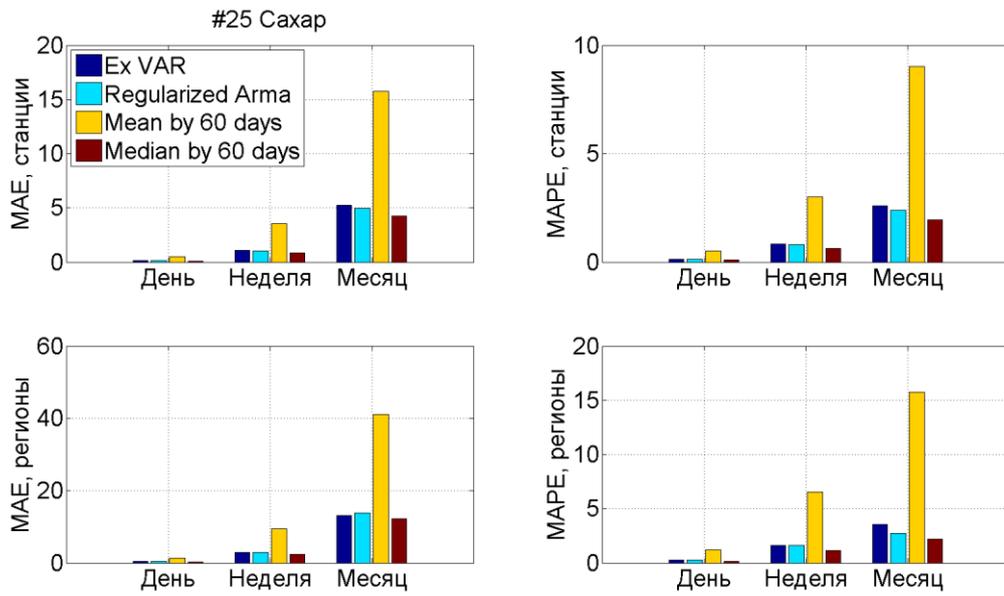


Рис. В.2.96. Тип груза #25 Сахар - Ошибка прогнозирования

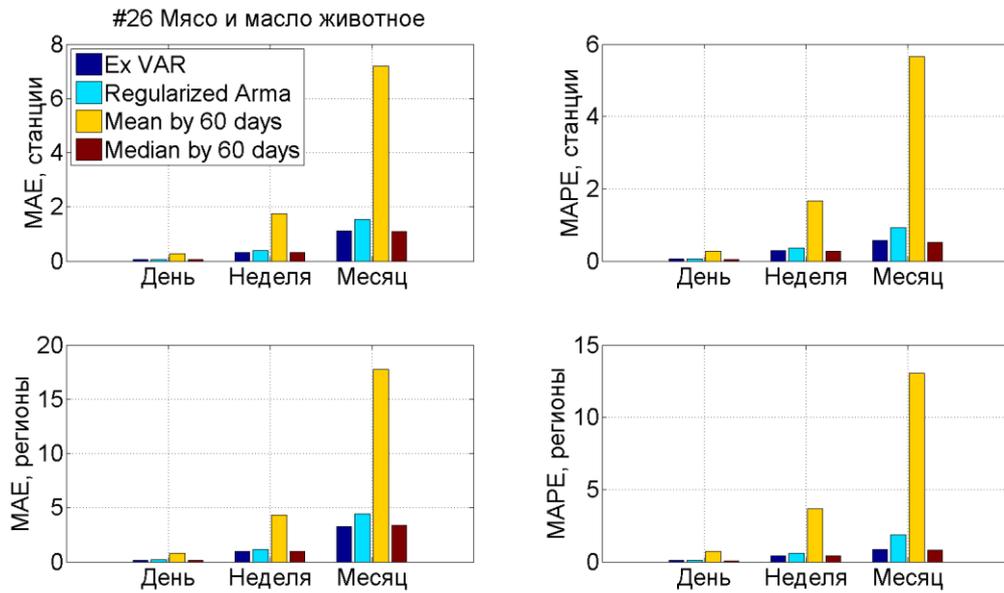


Рис. В.2.97. Тип груза #26 Мясо и масло животное - Ошибка прогнозирования

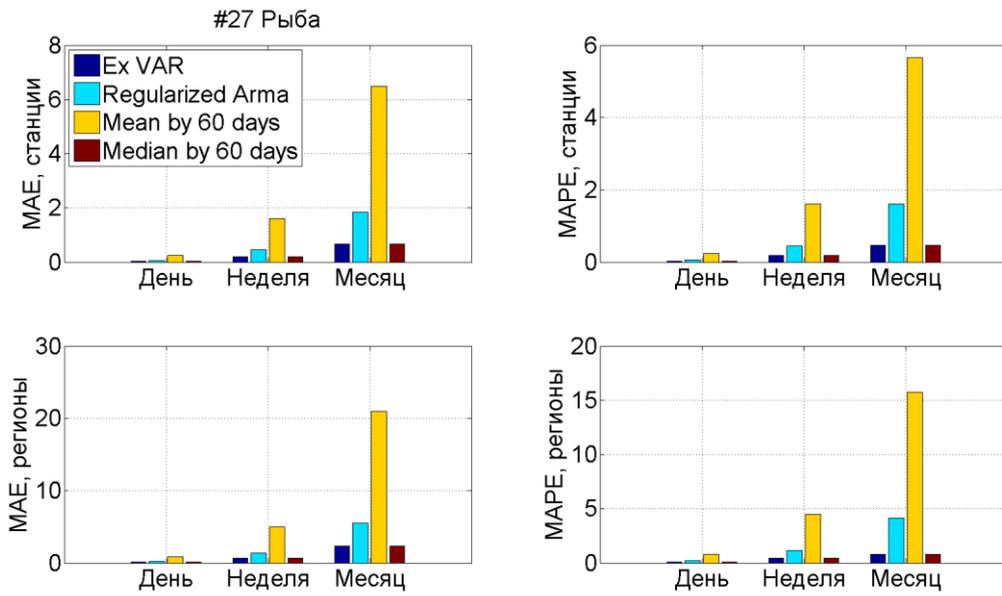


Рис. В.2.98. Тип груза #27 Рыба - Ошибка прогнозирования

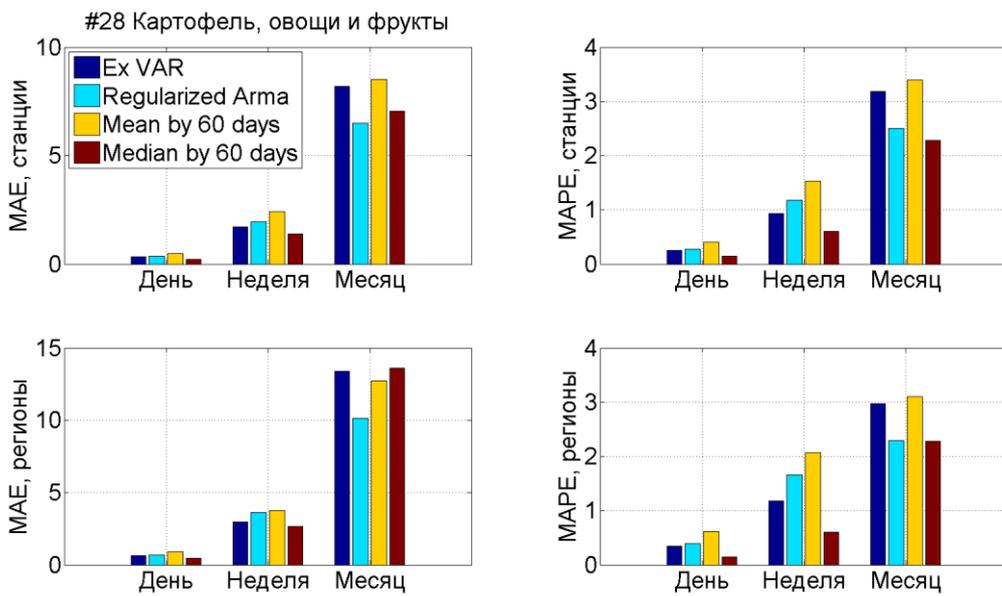


Рис. В.2.99. Тип груза #28 Картофель, овощи и фрукты - Ошибка прогнозирования

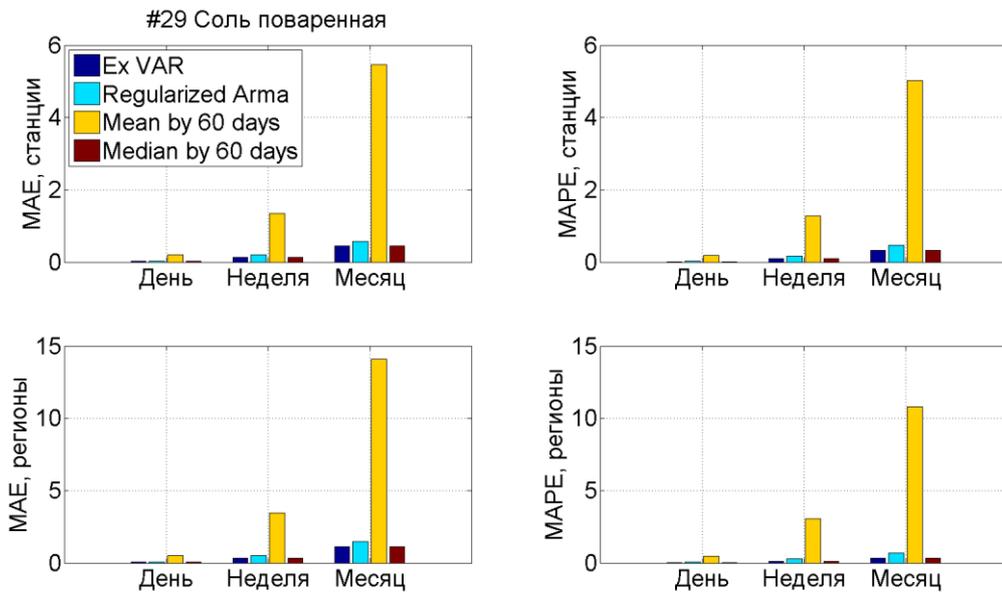


Рис. В.2.100. Тип груза #29 Соль поваренная - Ошибка прогнозирования

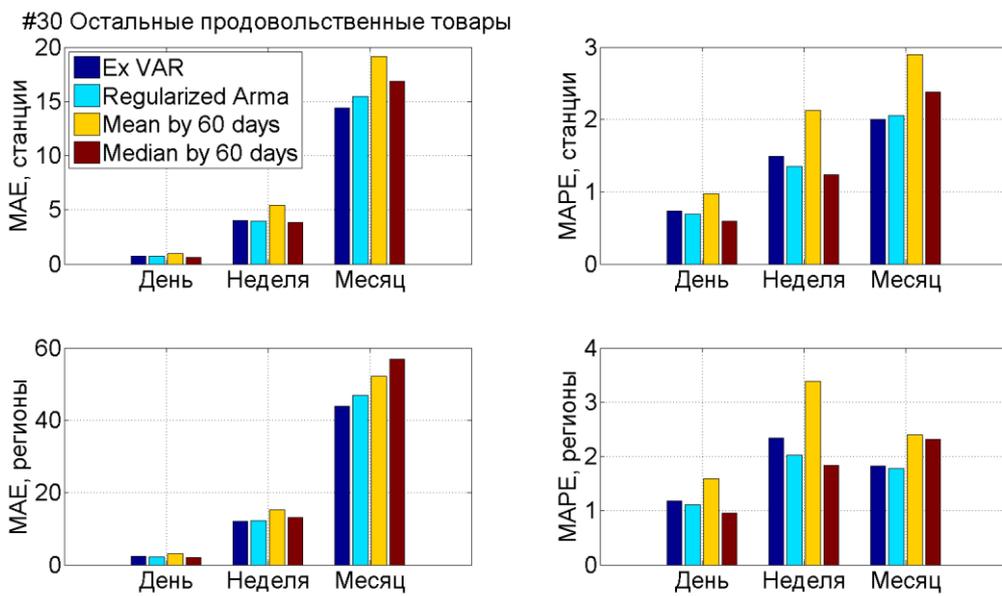


Рис. В.2.101. Тип груза #30 Остальные продовольственные товары - Ошибка прогнозирования

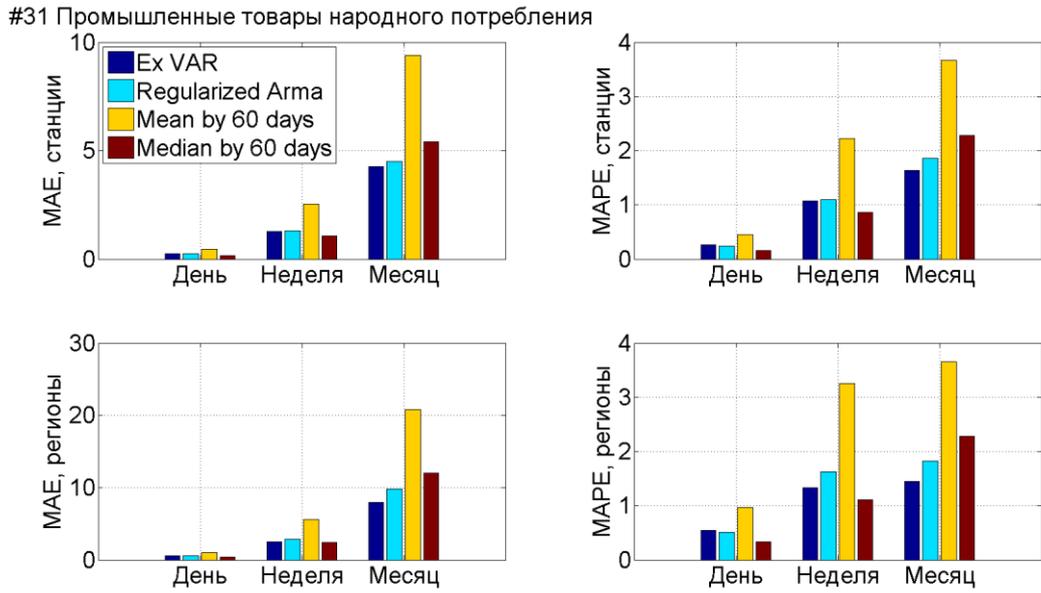


Рис. В.2.102. Тип груза #31 Промышленные товары народного потребления - Ошибка прогнозирования

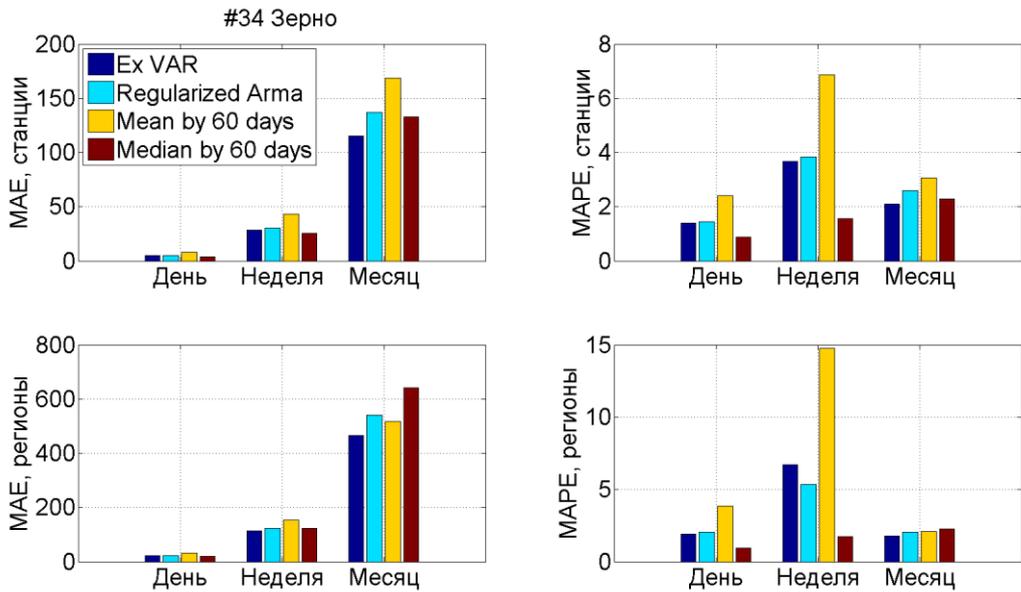


Рис. В.2.103. Тип груза #34 Зерно - Ошибка прогнозирования

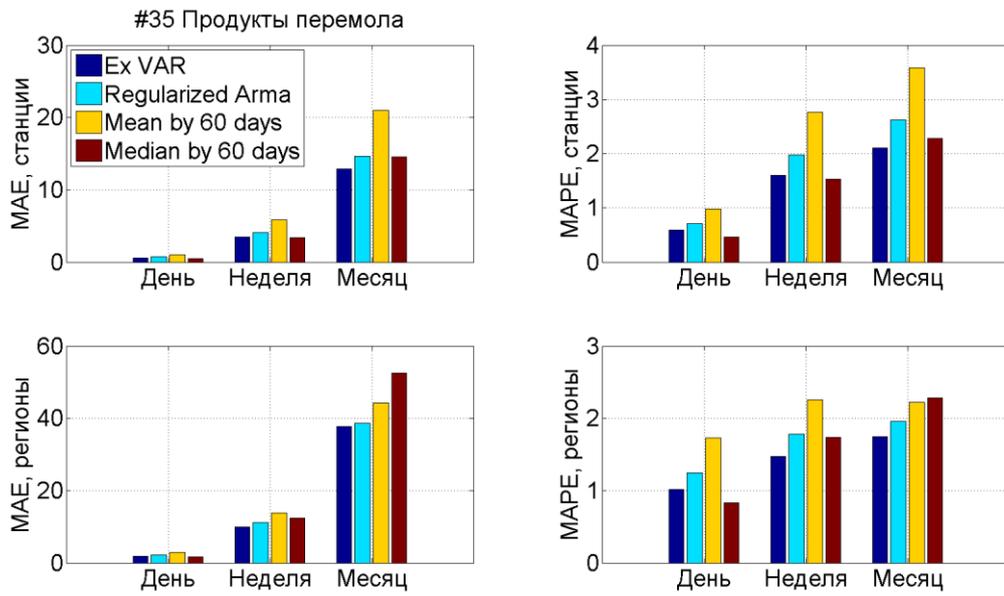


Рис. В.2.104. Тип груза #35 Продукты перемола - Ошибка прогнозирования

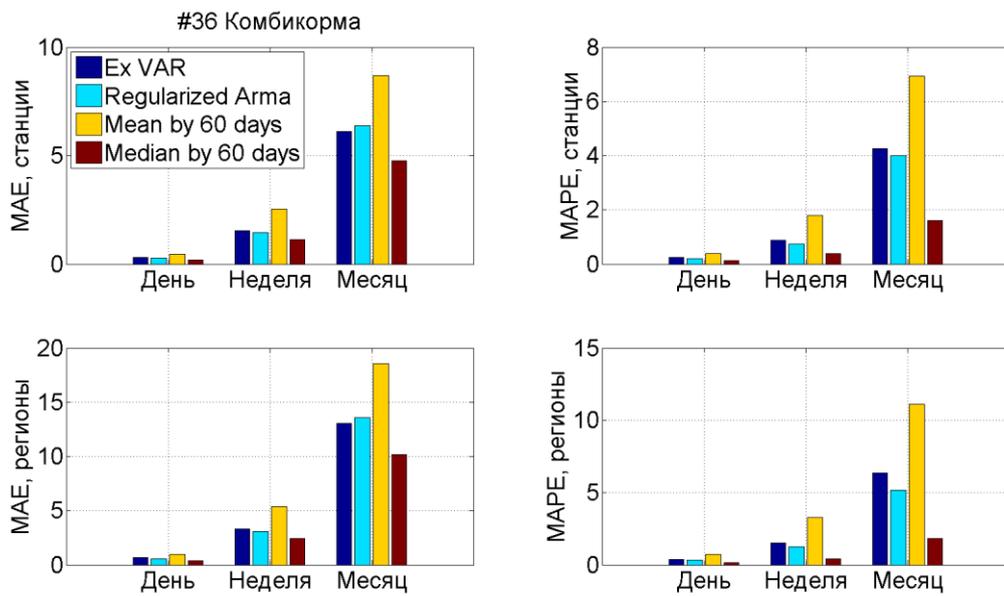


Рис. В.2.105. Тип груза #36 Комбикорма - Ошибка прогнозирования

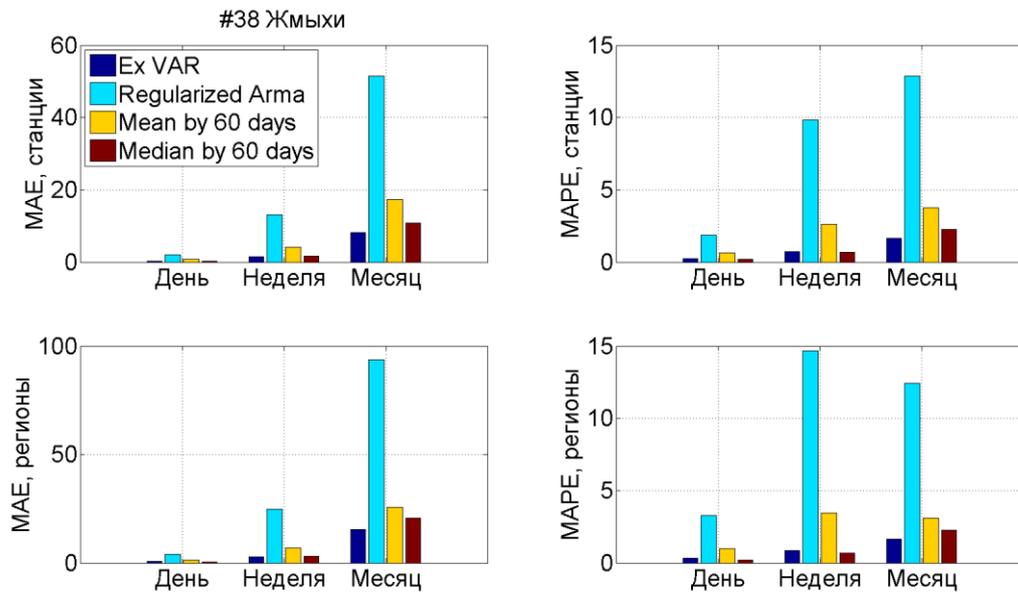


Рис. В.2.106. Тип груза #38 Жмыхи - Ошибка прогнозирования

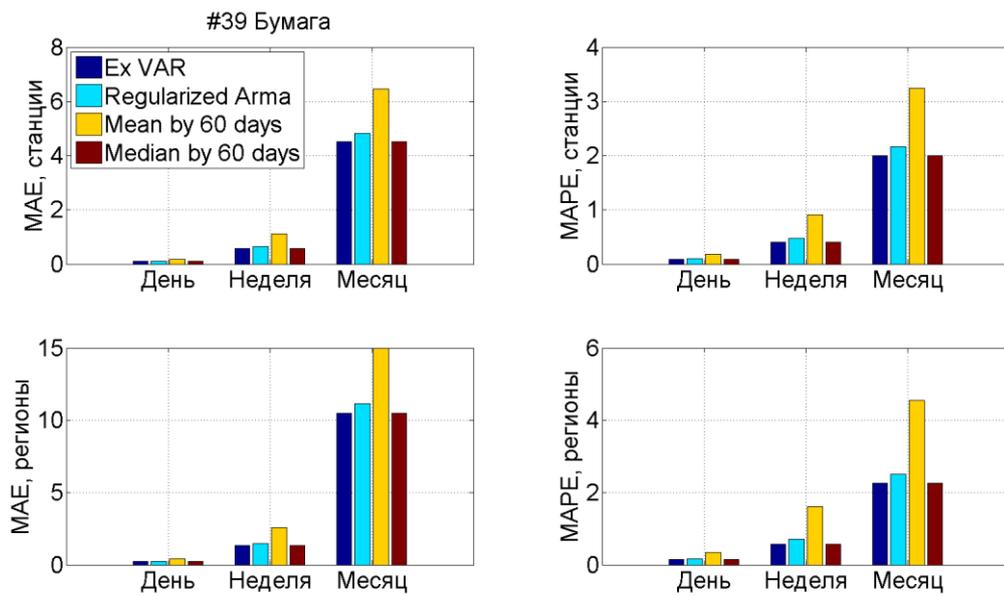


Рис. В.2.107. Тип груза #39 Бумага - Ошибка прогнозирования

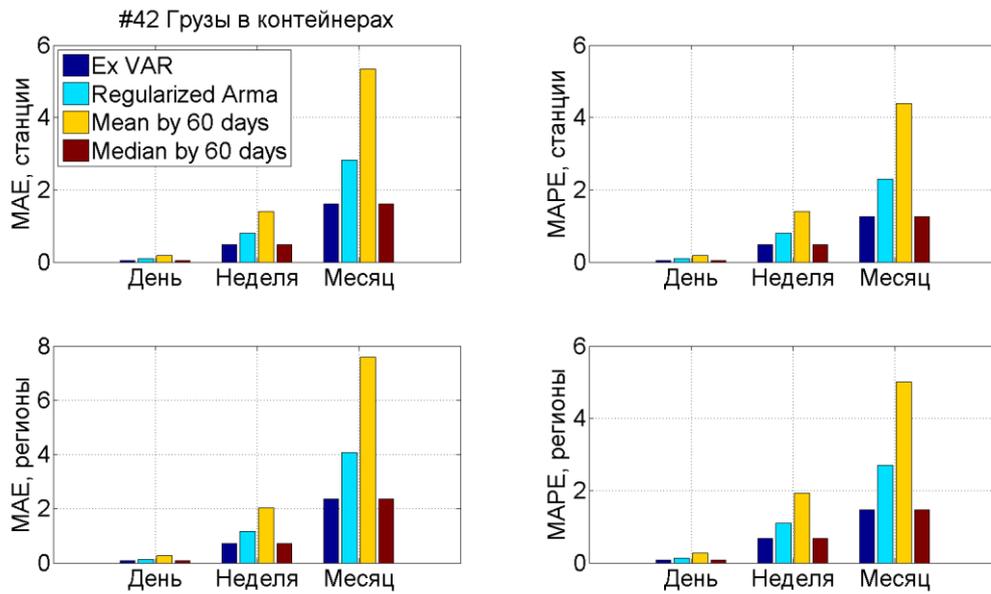


Рис. В.2.108. Тип груза #42 Грузы в контейнерах - Ошибка прогнозирования

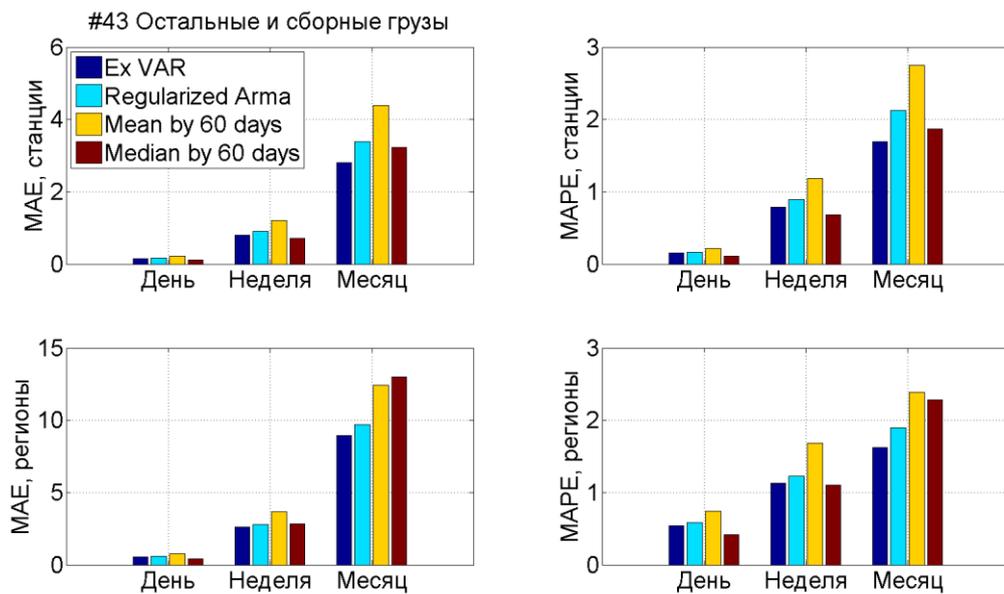


Рис. В.2.109. Тип груза #43 Остальные и сборные грузы - Ошибка прогнозирования

б) Ошибки прогнозирования MAE и MARE с детализацией по дням (Д), неделям (Н), месяцам (М), агрегированные по парам станций и регионов для всех типов грузов, вычисленных по формулам (10, 12, 14, 16, 18, 20) и (22, 24, 26, 28, 30, 32), соответственно, представлены в виде сводной таблицы – табл. В.2.2;

Таблица В.2.2 – Сводная таблица ошибок прогнозов объемов перевозок для всех типов грузов

|                   |       |        |        |                   |      |       |      |
|-------------------|-------|--------|--------|-------------------|------|-------|------|
| #1 Каменный уголь |       |        |        |                   |      |       |      |
| MAE - Станции     | Д     | Н      | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М    |
| Ex VAR            | 5,35  | 31,71  | 102,57 | Ex VAR            | 1,17 | 1,61  | 1,34 |
| Regularized Arma  | 5,80  | 34,13  | 108,40 | Regularized Arma  | 1,29 | 1,80  | 1,47 |
| Mean by 60 days   | 6,79  | 39,64  | 125,66 | Mean by 60 days   | 1,54 | 1,99  | 1,74 |
| Median by 60 days | 4,97  | 31,69  | 110,22 | Median by 60 days | 1,07 | 1,56  | 1,42 |
| MAE - Регионы     | Д     | Н      | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М    |
| Ex VAR            | 17,12 | 100,95 | 309,01 | Ex VAR            | 1,34 | 1,53  | 1,10 |
| Regularized Arma  | 18,40 | 104,90 | 316,60 | Regularized Arma  | 1,49 | 1,67  | 1,20 |
| Mean by 60 days   | 20,12 | 107,99 | 321,61 | Mean by 60 days   | 1,71 | 1,73  | 1,33 |
| Median by 60 days | 16,92 | 108,50 | 365,73 | Median by 60 days | 1,27 | 1,54  | 1,31 |
| #2 Кокс           |       |        |        |                   |      |       |      |
| MAE - Станции     | Д     | Н      | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М    |
| Ex VAR            | 8,44  | 45,74  | 135,45 | Ex VAR            | 1,77 | 6,24  | 0,80 |
| Regularized Arma  | 8,15  | 43,66  | 121,48 | Regularized Arma  | 1,58 | 5,18  | 0,63 |
| Mean by 60 days   | 9,35  | 49,04  | 162,48 | Mean by 60 days   | 2,28 | 8,32  | 1,02 |
| Median by 60 days | 8,46  | 44,20  | 147,67 | Median by 60 days | 2,02 | 7,36  | 0,89 |
| MAE - Регионы     | Д     | Н      | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М    |
| Ex VAR            | 11,44 | 60,97  | 177,30 | Ex VAR            | 2,09 | 8,22  | 0,75 |
| Regularized Arma  | 11,09 | 58,82  | 161,09 | Regularized Arma  | 1,85 | 6,75  | 0,61 |
| Mean by 60 days   | 12,59 | 64,91  | 210,76 | Mean by 60 days   | 2,71 | 11,03 | 0,94 |
| Median by 60 days | 11,53 | 59,00  | 181,98 | Median by 60 days | 2,42 | 9,78  | 0,76 |
| #3 Нефть          |       |        |        |                   |      |       |      |
| MAE - Станции     | Д     | Н      | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М    |
| Ex VAR            | 14,80 | 69,05  | 221,17 | Ex VAR            | 1,22 | 1,65  | 1,38 |
| Regularized Arma  | 14,49 | 71,19  | 243,73 | Regularized Arma  | 1,17 | 1,59  | 1,45 |

|                   |       |        |         |                   |      |       |       |
|-------------------|-------|--------|---------|-------------------|------|-------|-------|
| Mean by 60 days   | 16,35 | 77,01  | 248,14  | Mean by 60 days   | 1,35 | 1,82  | 1,53  |
| Median by 60 days | 12,11 | 71,99  | 296,33  | Median by 60 days | 0,95 | 1,43  | 1,69  |
| MAE - Регионы     | Д     | Н      | М       | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR            | 47,46 | 227,05 | 655,95  | Ex VAR            | 0,84 | 1,24  | 0,83  |
| Regularized Arma  | 50,31 | 256,51 | 864,15  | Regularized Arma  | 0,87 | 1,23  | 1,01  |
| Mean by 60 days   | 51,47 | 247,24 | 693,99  | Mean by 60 days   | 0,92 | 1,39  | 0,89  |
| Median by 60 days | 51,96 | 320,62 | 1367,81 | Median by 60 days | 0,86 | 1,32  | 1,66  |
| #6 Флюсы          |       |        |         |                   |      |       |       |
| MAE - Станции     | Д     | Н      | М       | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR            | 0,58  | 3,48   | 14,12   | Ex VAR            | 0,08 | 0,20  | 0,80  |
| Regularized Arma  | 1,83  | 11,05  | 42,07   | Regularized Arma  | 1,41 | 8,58  | 21,31 |
| Mean by 60 days   | 1,24  | 7,76   | 21,14   | Mean by 60 days   | 0,73 | 4,19  | 8,00  |
| Median by 60 days | 0,58  | 3,48   | 14,12   | Median by 60 days | 0,08 | 0,20  | 0,80  |
| MAE - Регионы     | Д     | Н      | М       | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR            | 0,92  | 5,52   | 22,35   | Ex VAR            | 0,08 | 0,20  | 0,80  |
| Regularized Arma  | 2,89  | 17,49  | 66,62   | Regularized Arma  | 2,18 | 13,45 | 33,00 |
| Mean by 60 days   | 1,94  | 11,89  | 25,08   | Mean by 60 days   | 1,10 | 6,45  | 11,90 |
| Median by 60 days | 0,92  | 5,52   | 22,35   | Median by 60 days | 0,08 | 0,20  | 0,80  |
| #7 Руда железная  |       |        |         |                   |      |       |       |
| MAE - Станции     | Д     | Н      | М       | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR            | 3,88  | 23,28  | 78,48   | Ex VAR            | 1,30 | 1,64  | 1,84  |
| Regularized Arma  | 7,48  | 48,50  | 185,08  | Regularized Arma  | 3,19 | 3,36  | 3,89  |
| Mean by 60 days   | 4,49  | 26,76  | 90,20   | Mean by 60 days   | 1,67 | 1,95  | 2,19  |
| Median by 60 days | 3,23  | 25,54  | 106,15  | Median by 60 days | 0,90 | 1,73  | 2,28  |
| MAE - Регионы     | Д     | Н      | М       | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR            | 6,59  | 37,95  | 129,87  | Ex VAR            | 1,39 | 1,48  | 1,67  |
| Regularized Arma  | 12,97 | 80,10  | 300,63  | Regularized Arma  | 3,78 | 3,01  | 3,35  |

|                           |      |       |        |                   |      |      |      |
|---------------------------|------|-------|--------|-------------------|------|------|------|
| Mean by 60 days           | 7,50 | 41,07 | 138,02 | Mean by 60 days   | 1,87 | 1,62 | 1,80 |
| Median by 60 days         | 5,75 | 45,50 | 189,14 | Median by 60 days | 0,92 | 1,73 | 2,28 |
| #8 Руда цветная           |      |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции             | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                    | 1,64 | 8,70  | 38,50  | Ex VAR            | 0,75 | 1,14 | 1,96 |
| Regularized Arma          | 1,80 | 10,66 | 44,44  | Regularized Arma  | 0,82 | 1,64 | 2,43 |
| Mean by 60 days           | 2,41 | 12,59 | 43,86  | Mean by 60 days   | 1,32 | 2,70 | 2,60 |
| Median by 60 days         | 1,52 | 9,13  | 41,66  | Median by 60 days | 0,61 | 0,80 | 2,28 |
| MAE - Регионы             | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                    | 2,16 | 11,42 | 50,57  | Ex VAR            | 0,79 | 1,25 | 1,96 |
| Regularized Arma          | 2,32 | 13,40 | 51,65  | Regularized Arma  | 0,84 | 1,84 | 1,99 |
| Mean by 60 days           | 3,12 | 16,13 | 57,62  | Mean by 60 days   | 1,45 | 3,16 | 2,60 |
| Median by 60 days         | 2,00 | 11,99 | 54,72  | Median by 60 days | 0,62 | 0,80 | 2,28 |
| #9 Черные металлы         |      |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции             | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                    | 0,18 | 1,08  | 4,26   | Ex VAR            | 0,18 | 0,92 | 2,14 |
| Regularized Arma          | 0,24 | 1,52  | 6,14   | Regularized Arma  | 0,24 | 1,32 | 3,47 |
| Mean by 60 days           | 0,52 | 3,27  | 13,13  | Mean by 60 days   | 0,52 | 2,94 | 6,91 |
| Median by 60 days         | 0,15 | 1,06  | 4,64   | Median by 60 days | 0,15 | 0,89 | 2,28 |
| MAE - Регионы             | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                    | 0,57 | 3,29  | 12,61  | Ex VAR            | 0,53 | 1,44 | 2,09 |
| Regularized Arma          | 0,72 | 4,45  | 14,89  | Regularized Arma  | 0,67 | 2,19 | 2,48 |
| Mean by 60 days           | 1,58 | 9,27  | 35,73  | Mean by 60 days   | 1,51 | 4,48 | 6,16 |
| Median by 60 days         | 0,48 | 3,30  | 14,40  | Median by 60 days | 0,43 | 1,37 | 2,28 |
| #10 Машины и оборудование |      |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции             | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                    | 0,04 | 0,30  | 1,41   | Ex VAR            | 0,04 | 0,30 | 1,38 |
| Regularized               | 0,07 | 0,47  | 1,98   | Regularized       | 0,07 | 0,47 | 1,94 |

|                               |      |      |       |                   |      |      |      |
|-------------------------------|------|------|-------|-------------------|------|------|------|
| Arma                          |      |      |       | Arma              |      |      |      |
| Mean by 60 days               | 0,08 | 0,53 | 2,21  | Mean by 60 days   | 0,08 | 0,53 | 2,16 |
| Median by 60 days             | 0,04 | 0,31 | 1,53  | Median by 60 days | 0,04 | 0,31 | 1,50 |
| MAE - Регионы                 | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,07 | 0,48 | 2,26  | Ex VAR            | 0,07 | 0,48 | 1,83 |
| Regularized Arma              | 0,11 | 0,74 | 2,92  | Regularized Arma  | 0,11 | 0,74 | 2,29 |
| Mean by 60 days               | 0,13 | 0,82 | 3,23  | Mean by 60 days   | 0,13 | 0,82 | 2,56 |
| Median by 60 days             | 0,07 | 0,50 | 2,46  | Median by 60 days | 0,07 | 0,50 | 1,97 |
| #11 Металлические конструкции |      |      |       |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                 | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,11 | 0,61 | 3,17  | Ex VAR            | 0,11 | 0,44 | 1,95 |
| Regularized Arma              | 0,17 | 1,08 | 4,85  | Regularized Arma  | 0,17 | 0,89 | 3,16 |
| Mean by 60 days               | 0,30 | 1,92 | 8,41  | Mean by 60 days   | 0,30 | 1,67 | 5,76 |
| Median by 60 days             | 0,10 | 0,59 | 3,58  | Median by 60 days | 0,10 | 0,42 | 2,21 |
| MAE - Регионы                 | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,24 | 1,28 | 6,60  | Ex VAR            | 0,22 | 0,64 | 2,00 |
| Regularized Arma              | 0,33 | 1,98 | 7,94  | Regularized Arma  | 0,31 | 1,35 | 2,63 |
| Mean by 60 days               | 0,60 | 3,57 | 14,67 | Mean by 60 days   | 0,58 | 2,76 | 5,35 |
| Median by 60 days             | 0,21 | 1,24 | 7,46  | Median by 60 days | 0,19 | 0,59 | 2,28 |
| #12 Метизы                    |      |      |       |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                 | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,62 | 2,87 | 8,67  | Ex VAR            | 0,61 | 1,33 | 1,29 |
| Regularized Arma              | 0,62 | 2,73 | 9,05  | Regularized Arma  | 0,61 | 1,24 | 1,50 |
| Mean by 60 days               | 0,74 | 3,26 | 9,35  | Mean by 60 days   | 0,73 | 1,55 | 1,64 |
| Median by 60 days             | 0,48 | 2,84 | 12,48 | Median by 60 days | 0,47 | 1,08 | 1,90 |
| MAE - Регионы                 | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 1,17 | 5,78 | 18,60 | Ex VAR            | 0,85 | 1,75 | 1,05 |
| Regularized                   | 1,10 | 4,90 | 15,34 | Regularized       | 0,79 | 1,53 | 1,13 |

|                                 |       |       |        |                   |      |      |      |
|---------------------------------|-------|-------|--------|-------------------|------|------|------|
| Arma                            |       |       |        | Arma              |      |      |      |
| Mean by 60 days                 | 1,31  | 5,98  | 14,84  | Mean by 60 days   | 0,99 | 2,13 | 1,20 |
| Median by 60 days               | 1,00  | 5,90  | 25,67  | Median by 60 days | 0,68 | 1,16 | 1,55 |
| #13 Лом черных металлов         |       |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 5,23  | 25,53 | 103,47 | Ex VAR            | 1,81 | 2,90 | 2,80 |
| Regularized Arma                | 4,93  | 25,27 | 92,94  | Regularized Arma  | 1,60 | 2,84 | 2,10 |
| Mean by 60 days                 | 4,35  | 19,40 | 66,80  | Mean by 60 days   | 1,45 | 2,25 | 1,69 |
| Median by 60 days               | 3,45  | 19,93 | 86,67  | Median by 60 days | 0,97 | 1,54 | 1,89 |
| MAE - Регионы                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 15,25 | 86,98 | 363,80 | Ex VAR            | 1,67 | 1,95 | 1,97 |
| Regularized Arma                | 12,22 | 59,54 | 234,33 | Regularized Arma  | 1,34 | 1,53 | 1,03 |
| Mean by 60 days                 | 11,54 | 49,54 | 150,35 | Mean by 60 days   | 1,22 | 1,17 | 0,73 |
| Median by 60 days               | 14,74 | 83,48 | 370,18 | Median by 60 days | 0,95 | 1,09 | 1,57 |
| #14 Сельскохозяйственные машины |       |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 0,16  | 0,90  | 5,12   | Ex VAR            | 0,16 | 0,71 | 2,64 |
| Regularized Arma                | 0,17  | 0,98  | 5,49   | Regularized Arma  | 0,17 | 0,78 | 2,74 |
| Mean by 60 days                 | 0,34  | 1,93  | 7,64   | Mean by 60 days   | 0,34 | 1,72 | 4,29 |
| Median by 60 days               | 0,12  | 0,75  | 4,75   | Median by 60 days | 0,12 | 0,58 | 2,28 |
| MAE - Регионы                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 0,35  | 1,91  | 10,59  | Ex VAR            | 0,34 | 1,04 | 2,45 |
| Regularized Arma                | 0,36  | 2,07  | 11,44  | Regularized Arma  | 0,34 | 1,10 | 2,55 |
| Mean by 60 days                 | 0,73  | 3,92  | 14,82  | Mean by 60 days   | 0,71 | 2,73 | 3,80 |
| Median by 60 days               | 0,27  | 1,65  | 10,53  | Median by 60 days | 0,25 | 0,80 | 2,28 |
| #15 Автомобили                  |       |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 0,00  | 0,02  | 0,23   | Ex VAR            | 0,00 | 0,02 | 0,23 |

|  |      |      |       |                   |      |      |      |
|--|------|------|-------|-------------------|------|------|------|
| Regularized Arma                       | 0,02 | 0,14 | 0,77  | Regularized Arma  | 0,02 | 0,14 | 0,77 |
| Mean by 60 days                        | 0,03 | 0,21 | 1,03  | Mean by 60 days   | 0,03 | 0,21 | 1,03 |
| Median by 60 days                      | 0,00 | 0,02 | 0,23  | Median by 60 days | 0,00 | 0,02 | 0,23 |
| MAE - Регионы                          | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                                 | 0,01 | 0,04 | 0,45  | Ex VAR            | 0,01 | 0,04 | 0,45 |
| Regularized Arma                       | 0,04 | 0,27 | 1,45  | Regularized Arma  | 0,04 | 0,27 | 1,45 |
| Mean by 60 days                        | 0,06 | 0,40 | 1,95  | Mean by 60 days   | 0,06 | 0,40 | 1,95 |
| Median by 60 days                      | 0,01 | 0,04 | 0,45  | Median by 60 days | 0,01 | 0,04 | 0,45 |
| #16 Цветные металлы                    |      |      |       |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                          | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                                 | 0,35 | 2,07 | 10,43 | Ex VAR            | 0,23 | 0,79 | 2,28 |
| Regularized Arma                       | 0,42 | 2,66 | 13,28 | Regularized Arma  | 0,31 | 1,23 | 3,77 |
| Mean by 60 days                        | 0,72 | 4,07 | 16,42 | Mean by 60 days   | 0,60 | 2,27 | 4,46 |
| Median by 60 days                      | 0,35 | 2,07 | 10,43 | Median by 60 days | 0,23 | 0,79 | 2,28 |
| MAE - Регионы                          | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                                 | 0,51 | 3,04 | 15,29 | Ex VAR            | 0,25 | 0,80 | 2,28 |
| Regularized Arma                       | 0,62 | 3,89 | 19,43 | Regularized Arma  | 0,35 | 1,35 | 3,77 |
| Mean by 60 days                        | 1,06 | 5,96 | 24,08 | Mean by 60 days   | 0,77 | 2,57 | 4,46 |
| Median by 60 days                      | 0,51 | 3,04 | 15,29 | Median by 60 days | 0,25 | 0,80 | 2,28 |
| #17 Химические и минеральные удобрения |      |      |       |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                          | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                                 | 0,39 | 2,60 | 12,83 | Ex VAR            | 0,33 | 1,56 | 2,22 |
| Regularized Arma                       | 0,43 | 2,66 | 12,07 | Regularized Arma  | 0,36 | 1,62 | 2,06 |
| Mean by 60 days                        | 1,01 | 6,01 | 21,42 | Mean by 60 days   | 0,93 | 4,15 | 3,85 |
| Median by 60 days                      | 0,30 | 2,20 | 13,03 | Median by 60 days | 0,24 | 1,23 | 2,28 |
| MAE - Регионы                          | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                                 | 0,60 | 3,63 | 18,12 | Ex VAR            | 0,43 | 1,73 | 1,86 |

|                        |      |       |        |                   |      |      |      |
|------------------------|------|-------|--------|-------------------|------|------|------|
| Regularized Arma       | 0,64 | 3,39  | 14,97  | Regularized Arma  | 0,47 | 1,67 | 1,60 |
| Mean by 60 days        | 1,47 | 7,62  | 28,58  | Mean by 60 days   | 1,28 | 4,56 | 3,25 |
| Median by 60 days      | 0,48 | 3,56  | 21,03  | Median by 60 days | 0,31 | 1,62 | 2,28 |
| #18 Химикаты и сода    |      |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции          | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                 | 4,32 | 22,88 | 78,77  | Ex VAR            | 1,19 | 2,20 | 1,73 |
| Regularized Arma       | 3,81 | 18,18 | 53,69  | Regularized Arma  | 1,08 | 2,10 | 1,50 |
| Mean by 60 days        | 4,18 | 19,89 | 61,49  | Mean by 60 days   | 1,23 | 2,45 | 1,87 |
| Median by 60 days      | 3,41 | 18,70 | 66,52  | Median by 60 days | 0,93 | 1,92 | 1,54 |
| MAE - Регионы          | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                 | 9,98 | 53,25 | 182,14 | Ex VAR            | 1,19 | 2,13 | 1,64 |
| Regularized Arma       | 8,81 | 40,96 | 122,80 | Regularized Arma  | 1,08 | 2,01 | 1,44 |
| Mean by 60 days        | 9,51 | 43,69 | 135,38 | Mean by 60 days   | 1,22 | 2,36 | 1,79 |
| Median by 60 days      | 8,11 | 44,55 | 159,34 | Median by 60 days | 0,94 | 1,89 | 1,52 |
| #19 Строительные грузы |      |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции          | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                 | 2,35 | 11,62 | 45,43  | Ex VAR            | 1,35 | 2,31 | 2,00 |
| Regularized Arma       | 2,29 | 11,56 | 42,28  | Regularized Arma  | 1,26 | 2,17 | 1,85 |
| Mean by 60 days        | 3,27 | 16,59 | 60,26  | Mean by 60 days   | 1,99 | 3,65 | 2,53 |
| Median by 60 days      | 1,84 | 10,39 | 47,67  | Median by 60 days | 0,98 | 1,60 | 2,09 |
| MAE - Регионы          | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                 | 6,94 | 34,65 | 131,07 | Ex VAR            | 1,31 | 1,65 | 1,16 |
| Regularized Arma       | 6,99 | 33,39 | 113,57 | Regularized Arma  | 1,14 | 1,29 | 0,96 |
| Mean by 60 days        | 9,60 | 46,81 | 182,11 | Mean by 60 days   | 2,27 | 2,53 | 1,60 |
| Median by 60 days      | 6,78 | 42,25 | 190,53 | Median by 60 days | 0,91 | 1,32 | 1,67 |
| #20 Промышленное сырье |      |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции          | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |

|                           |      |      |       |                   |      |      |       |
|---------------------------|------|------|-------|-------------------|------|------|-------|
| Ex VAR                    | 0,31 | 2,05 | 12,59 | Ex VAR            | 0,22 | 0,94 | 2,28  |
| Regularized Arma          | 0,44 | 2,53 | 14,66 | Regularized Arma  | 0,34 | 1,32 | 2,74  |
| Mean by 60 days           | 0,70 | 4,33 | 21,28 | Mean by 60 days   | 0,59 | 2,53 | 4,35  |
| Median by 60 days         | 0,31 | 2,05 | 12,59 | Median by 60 days | 0,22 | 0,94 | 2,28  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,49 | 3,25 | 19,97 | Ex VAR            | 0,28 | 1,08 | 2,28  |
| Regularized Arma          | 0,69 | 4,00 | 23,23 | Regularized Arma  | 0,47 | 1,63 | 2,74  |
| Mean by 60 days           | 1,10 | 6,66 | 33,31 | Mean by 60 days   | 0,85 | 3,12 | 4,31  |
| Median by 60 days         | 0,49 | 3,25 | 19,97 | Median by 60 days | 0,28 | 1,08 | 2,28  |
| #21 Шлаки гранулированные |      |      |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции             | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,26 | 1,58 | 5,26  | Ex VAR            | 0,12 | 0,30 | 0,33  |
| Regularized Arma          | 0,33 | 2,44 | 6,71  | Regularized Arma  | 0,20 | 1,30 | 2,76  |
| Mean by 60 days           | 0,56 | 3,30 | 12,59 | Mean by 60 days   | 0,41 | 1,91 | 7,08  |
| Median by 60 days         | 0,26 | 1,58 | 5,26  | Median by 60 days | 0,12 | 0,30 | 0,33  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,38 | 2,30 | 7,67  | Ex VAR            | 0,12 | 0,30 | 0,33  |
| Regularized Arma          | 0,48 | 3,55 | 9,78  | Regularized Arma  | 0,24 | 1,77 | 3,90  |
| Mean by 60 days           | 0,81 | 4,81 | 18,37 | Mean by 60 days   | 0,54 | 2,64 | 10,15 |
| Median by 60 days         | 0,38 | 2,30 | 7,67  | Median by 60 days | 0,12 | 0,30 | 0,33  |
| #22 Огнеупоры             |      |      |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции             | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,19 | 1,16 | 5,45  | Ex VAR            | 0,16 | 0,47 | 1,88  |
| Regularized Arma          | 0,24 | 1,64 | 6,97  | Regularized Arma  | 0,21 | 0,88 | 2,90  |
| Mean by 60 days           | 0,71 | 4,24 | 14,70 | Mean by 60 days   | 0,66 | 3,09 | 7,55  |
| Median by 60 days         | 0,19 | 1,16 | 5,45  | Median by 60 days | 0,16 | 0,47 | 1,88  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |

|                   |      |      |       |                   |      |      |      |
|-------------------|------|------|-------|-------------------|------|------|------|
| Ex VAR            | 0,29 | 1,74 | 8,17  | Ex VAR            | 0,20 | 0,50 | 2,28 |
| Regularized Arma  | 0,37 | 2,45 | 10,39 | Regularized Arma  | 0,27 | 1,07 | 3,60 |
| Mean by 60 days   | 1,06 | 6,17 | 20,56 | Mean by 60 days   | 0,94 | 4,10 | 8,97 |
| Median by 60 days | 0,29 | 1,74 | 8,17  | Median by 60 days | 0,20 | 0,50 | 2,28 |
| #23 Цемент        |      |      |       |                   |      |      |      |
| MAE - Станции     | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR            | 0,11 | 0,72 | 2,49  | Ex VAR            | 0,11 | 0,72 | 1,85 |
| Regularized Arma  | 0,10 | 0,79 | 3,62  | Regularized Arma  | 0,10 | 0,79 | 2,74 |
| Mean by 60 days   | 0,37 | 2,50 | 10,21 | Mean by 60 days   | 0,37 | 2,50 | 7,52 |
| Median by 60 days | 0,08 | 0,62 | 2,98  | Median by 60 days | 0,08 | 0,62 | 2,28 |
| MAE - Регионы     | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR            | 0,23 | 1,44 | 4,98  | Ex VAR            | 0,20 | 1,17 | 1,78 |
| Regularized Arma  | 0,21 | 1,54 | 5,90  | Regularized Arma  | 0,18 | 1,23 | 2,16 |
| Mean by 60 days   | 0,78 | 5,01 | 20,30 | Mean by 60 days   | 0,75 | 4,18 | 6,92 |
| Median by 60 days | 0,17 | 1,34 | 6,40  | Median by 60 days | 0,14 | 1,05 | 2,28 |
| #24 Лесные грузы  |      |      |       |                   |      |      |      |
| MAE - Станции     | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR            | 0,19 | 1,35 | 5,56  | Ex VAR            | 0,19 | 1,07 | 2,68 |
| Regularized Arma  | 0,34 | 2,45 | 9,27  | Regularized Arma  | 0,34 | 2,05 | 4,52 |
| Mean by 60 days   | 0,53 | 3,58 | 14,33 | Mean by 60 days   | 0,53 | 3,01 | 7,07 |
| Median by 60 days | 0,14 | 1,05 | 5,06  | Median by 60 days | 0,14 | 0,78 | 2,28 |
| MAE - Регионы     | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR            | 0,43 | 3,01 | 11,45 | Ex VAR            | 0,37 | 1,88 | 2,41 |
| Regularized Arma  | 0,75 | 5,26 | 18,54 | Regularized Arma  | 0,69 | 3,72 | 3,98 |
| Mean by 60 days   | 1,17 | 7,31 | 27,51 | Mean by 60 days   | 1,10 | 5,19 | 6,01 |
| Median by 60 days | 0,31 | 2,41 | 11,58 | Median by 60 days | 0,25 | 1,30 | 2,28 |
| #25 Сахар         |      |      |       |                   |      |      |      |
| MAE -             | Д    | Н    | М     | MAPE -            | Д    | Н    | М    |

|                           |      |      |       |                   |      |      |       |
|---------------------------|------|------|-------|-------------------|------|------|-------|
| Станции                   |      |      |       | Станции           |      |      |       |
| Ex VAR                    | 0,15 | 1,09 | 5,22  | Ex VAR            | 0,15 | 0,84 | 2,59  |
| Regularized Arma          | 0,13 | 1,05 | 4,93  | Regularized Arma  | 0,13 | 0,81 | 2,39  |
| Mean by 60 days           | 0,51 | 3,53 | 15,76 | Mean by 60 days   | 0,50 | 3,01 | 9,01  |
| Median by 60 days         | 0,11 | 0,84 | 4,23  | Median by 60 days | 0,11 | 0,62 | 1,95  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,43 | 2,95 | 13,09 | Ex VAR            | 0,27 | 1,59 | 3,57  |
| Regularized Arma          | 0,39 | 2,97 | 13,79 | Regularized Arma  | 0,24 | 1,60 | 2,72  |
| Mean by 60 days           | 1,40 | 9,50 | 41,01 | Mean by 60 days   | 1,20 | 6,54 | 15,74 |
| Median by 60 days         | 0,32 | 2,44 | 12,26 | Median by 60 days | 0,17 | 1,16 | 2,21  |
| #26 Мясо и масло животное |      |      |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции             | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,06 | 0,33 | 1,12  | Ex VAR            | 0,05 | 0,29 | 0,57  |
| Regularized Arma          | 0,06 | 0,39 | 1,54  | Regularized Arma  | 0,06 | 0,35 | 0,93  |
| Mean by 60 days           | 0,27 | 1,74 | 7,19  | Mean by 60 days   | 0,27 | 1,67 | 5,65  |
| Median by 60 days         | 0,05 | 0,31 | 1,10  | Median by 60 days | 0,05 | 0,28 | 0,51  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,17 | 0,97 | 3,25  | Ex VAR            | 0,09 | 0,43 | 0,84  |
| Regularized Arma          | 0,19 | 1,15 | 4,41  | Regularized Arma  | 0,11 | 0,59 | 1,85  |
| Mean by 60 days           | 0,78 | 4,29 | 17,74 | Mean by 60 days   | 0,71 | 3,66 | 13,02 |
| Median by 60 days         | 0,16 | 0,96 | 3,35  | Median by 60 days | 0,08 | 0,40 | 0,80  |
| #27 Рыба                  |      |      |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции             | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,03 | 0,19 | 0,67  | Ex VAR            | 0,03 | 0,19 | 0,47  |
| Regularized Arma          | 0,07 | 0,45 | 1,83  | Regularized Arma  | 0,07 | 0,45 | 1,60  |
| Mean by 60 days           | 0,25 | 1,62 | 6,48  | Mean by 60 days   | 0,25 | 1,62 | 5,66  |
| Median by 60 days         | 0,03 | 0,19 | 0,67  | Median by 60 days | 0,03 | 0,19 | 0,47  |
| MAE -                     | Д    | Н    | М     | MAPE -            | Д    | Н    | М     |

| Регионы                                |      |      |       | Регионы           |      |      |       |
|--|------|------|-------|-------------------|------|------|-------|
| Ex VAR                                 | 0,11 | 0,65 | 2,30  | Ex VAR            | 0,08 | 0,47 | 0,80  |
| Regularized Arma                       | 0,22 | 1,36 | 5,53  | Regularized Arma  | 0,19 | 1,13 | 4,13  |
| Mean by 60 days                        | 0,82 | 4,95 | 20,95 | Mean by 60 days   | 0,78 | 4,49 | 15,73 |
| Median by 60 days                      | 0,11 | 0,65 | 2,30  | Median by 60 days | 0,08 | 0,47 | 0,80  |
| #28 Картофель, овощи и фрукты          |      |      |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции                          | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                                 | 0,34 | 1,71 | 8,20  | Ex VAR            | 0,25 | 0,93 | 3,19  |
| Regularized Arma                       | 0,37 | 1,96 | 6,51  | Regularized Arma  | 0,28 | 1,18 | 2,51  |
| Mean by 60 days                        | 0,49 | 2,42 | 8,51  | Mean by 60 days   | 0,40 | 1,53 | 3,39  |
| Median by 60 days                      | 0,23 | 1,39 | 7,06  | Median by 60 days | 0,15 | 0,60 | 2,28  |
| MAE - Регионы                          | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                                 | 0,64 | 2,99 | 13,38 | Ex VAR            | 0,35 | 1,18 | 2,97  |
| Regularized Arma                       | 0,69 | 3,63 | 10,13 | Regularized Arma  | 0,39 | 1,66 | 2,29  |
| Mean by 60 days                        | 0,92 | 3,75 | 12,74 | Mean by 60 days   | 0,62 | 2,07 | 3,10  |
| Median by 60 days                      | 0,45 | 2,68 | 13,62 | Median by 60 days | 0,15 | 0,60 | 2,28  |
| #29 Соль поваренная                    |      |      |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции                          | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                                 | 0,02 | 0,13 | 0,44  | Ex VAR            | 0,02 | 0,10 | 0,33  |
| Regularized Arma                       | 0,03 | 0,20 | 0,57  | Regularized Arma  | 0,03 | 0,17 | 0,46  |
| Mean by 60 days                        | 0,20 | 1,34 | 5,47  | Mean by 60 days   | 0,19 | 1,28 | 5,02  |
| Median by 60 days                      | 0,02 | 0,13 | 0,44  | Median by 60 days | 0,02 | 0,10 | 0,33  |
| MAE - Регионы                          | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                                 | 0,06 | 0,34 | 1,14  | Ex VAR            | 0,02 | 0,10 | 0,33  |
| Regularized Arma                       | 0,08 | 0,52 | 1,46  | Regularized Arma  | 0,04 | 0,27 | 0,70  |
| Mean by 60 days                        | 0,51 | 3,46 | 14,10 | Mean by 60 days   | 0,47 | 3,04 | 10,79 |
| Median by 60 days                      | 0,06 | 0,34 | 1,14  | Median by 60 days | 0,02 | 0,10 | 0,33  |
| #30 Остальные продовольственные товары |      |      |       |                   |      |      |       |

|   |      |       |        |                   |      |      |      |
|---|------|-------|--------|-------------------|------|------|------|
| MAE - Станции                                 | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR  | 0,75 | 4,04  | 14,41  | Ex VAR            | 0,74 | 1,49 | 2,00 |
| Regularized Arma                              | 0,71 | 3,96  | 15,44  | Regularized Arma  | 0,69 | 1,35 | 2,05 |
| Mean by 60 days                               | 0,99 | 5,44  | 19,17  | Mean by 60 days   | 0,97 | 2,13 | 2,90 |
| Median by 60 days                             | 0,61 | 3,87  | 16,84  | Median by 60 days | 0,59 | 1,24 | 2,38 |
| MAE - Регионы                                 | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR  | 2,35 | 12,14 | 43,84  | Ex VAR            | 1,18 | 2,34 | 1,82 |
| Regularized Arma                              | 2,28 | 12,29 | 46,84  | Regularized Arma  | 1,10 | 2,02 | 1,78 |
| Mean by 60 days                               | 3,00 | 15,16 | 52,21  | Mean by 60 days   | 1,58 | 3,39 | 2,40 |
| Median by 60 days                             | 2,06 | 13,04 | 56,90  | Median by 60 days | 0,96 | 1,83 | 2,32 |
| #31 Промышленные товары народного потребления |      |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                                 | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR  | 0,26 | 1,28  | 4,28   | Ex VAR            | 0,26 | 1,07 | 1,63 |
| Regularized Arma                              | 0,24 | 1,29  | 4,50   | Regularized Arma  | 0,24 | 1,10 | 1,86 |
| Mean by 60 days                               | 0,46 | 2,54  | 9,39   | Mean by 60 days   | 0,46 | 2,22 | 3,66 |
| Median by 60 days                             | 0,16 | 1,08  | 5,41   | Median by 60 days | 0,16 | 0,86 | 2,28 |
| MAE - Регионы                                 | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR  | 0,58 | 2,49  | 7,96   | Ex VAR            | 0,54 | 1,33 | 1,45 |
| Regularized Arma                              | 0,54 | 2,85  | 9,79   | Regularized Arma  | 0,51 | 1,62 | 1,83 |
| Mean by 60 days                               | 1,01 | 5,56  | 20,84  | Mean by 60 days   | 0,97 | 3,25 | 3,65 |
| Median by 60 days                             | 0,36 | 2,41  | 12,04  | Median by 60 days | 0,33 | 1,11 | 2,28 |
| #34 Зерно                                     |      |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                                 | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR  | 5,19 | 28,61 | 115,18 | Ex VAR            | 1,40 | 3,68 | 2,09 |
| Regularized Arma                              | 5,25 | 30,38 | 137,02 | Regularized Arma  | 1,45 | 3,84 | 2,60 |
| Mean by 60 days                               | 7,69 | 43,40 | 168,78 | Mean by 60 days   | 2,40 | 6,86 | 3,07 |
| Median by 60 days                             | 4,10 | 25,56 | 133,01 | Median by 60 days | 0,89 | 1,56 | 2,28 |

|                       |       |        |        |                   |      |       |       |
|-----------------------|-------|--------|--------|-------------------|------|-------|-------|
| MAE - Регионы         | Д     | Н      | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                | 22,14 | 114,39 | 464,91 | Ex VAR            | 1,92 | 6,69  | 1,77  |
| Regularized Arma      | 22,49 | 123,26 | 539,70 | Regularized Arma  | 2,04 | 5,34  | 2,05  |
| Mean by 60 days       | 30,73 | 153,18 | 517,78 | Mean by 60 days   | 3,83 | 14,74 | 2,08  |
| Median by 60 days     | 19,75 | 123,17 | 641,09 | Median by 60 days | 0,94 | 1,73  | 2,28  |
| #35 Продукты перемола |       |        |        |                   |      |       |       |
| MAE - Станции         | Д     | Н      | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                | 0,60  | 3,44   | 12,90  | Ex VAR            | 0,59 | 1,60  | 2,11  |
| Regularized Arma      | 0,72  | 4,10   | 14,68  | Regularized Arma  | 0,71 | 1,97  | 2,62  |
| Mean by 60 days       | 1,00  | 5,84   | 20,94  | Mean by 60 days   | 0,98 | 2,76  | 3,58  |
| Median by 60 days     | 0,47  | 3,42   | 14,52  | Median by 60 days | 0,46 | 1,54  | 2,28  |
| MAE - Регионы         | Д     | Н      | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                | 1,92  | 10,00  | 37,69  | Ex VAR            | 1,02 | 1,47  | 1,75  |
| Regularized Arma      | 2,24  | 11,20  | 38,63  | Regularized Arma  | 1,24 | 1,78  | 1,95  |
| Mean by 60 days       | 2,88  | 13,80  | 44,18  | Mean by 60 days   | 1,73 | 2,25  | 2,22  |
| Median by 60 days     | 1,71  | 12,41  | 52,60  | Median by 60 days | 0,83 | 1,73  | 2,28  |
| #36 Комбикорма        |       |        |        |                   |      |       |       |
| MAE - Станции         | Д     | Н      | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                | 0,30  | 1,55   | 6,12   | Ex VAR            | 0,24 | 0,88  | 4,25  |
| Regularized Arma      | 0,27  | 1,46   | 6,38   | Regularized Arma  | 0,20 | 0,75  | 4,00  |
| Mean by 60 days       | 0,46  | 2,54   | 8,70   | Mean by 60 days   | 0,40 | 1,79  | 6,93  |
| Median by 60 days     | 0,19  | 1,13   | 4,76   | Median by 60 days | 0,12 | 0,39  | 1,60  |
| MAE - Регионы         | Д     | Н      | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                | 0,65  | 3,31   | 13,07  | Ex VAR            | 0,39 | 1,53  | 6,35  |
| Regularized Arma      | 0,58  | 3,10   | 13,58  | Regularized Arma  | 0,31 | 1,25  | 5,19  |
| Mean by 60 days       | 0,99  | 5,38   | 18,57  | Mean by 60 days   | 0,71 | 3,28  | 11,13 |
| Median by 60 days     | 0,40  | 2,42   | 10,15  | Median by 60 days | 0,13 | 0,40  | 1,81  |

| #38 Жмыхи               |      |       |       |                   |      |       |       |
|-------------------------|------|-------|-------|-------------------|------|-------|-------|
| MAE - Станции           | Д    | Н     | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                  | 0,33 | 1,50  | 8,18  | Ex VAR            | 0,24 | 0,70  | 1,66  |
| Regularized Arma        | 2,03 | 13,14 | 51,46 | Regularized Arma  | 1,88 | 9,83  | 12,89 |
| Mean by 60 days         | 0,73 | 4,07  | 17,27 | Mean by 60 days   | 0,63 | 2,63  | 3,78  |
| Median by 60 days       | 0,27 | 1,62  | 10,83 | Median by 60 days | 0,18 | 0,67  | 2,28  |
| MAE - Регионы           | Д    | Н     | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                  | 0,63 | 2,84  | 15,51 | Ex VAR            | 0,32 | 0,86  | 1,66  |
| Regularized Arma        | 3,85 | 24,75 | 93,80 | Regularized Arma  | 3,28 | 14,66 | 12,44 |
| Mean by 60 days         | 1,36 | 6,75  | 25,76 | Mean by 60 days   | 1,00 | 3,46  | 3,09  |
| Median by 60 days       | 0,51 | 3,08  | 20,53 | Median by 60 days | 0,20 | 0,70  | 2,28  |
| #39 Бумага              |      |       |       |                   |      |       |       |
| MAE - Станции           | Д    | Н     | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                  | 0,09 | 0,57  | 4,53  | Ex VAR            | 0,09 | 0,41  | 2,00  |
| Regularized Arma        | 0,11 | 0,64  | 4,82  | Regularized Arma  | 0,10 | 0,47  | 2,17  |
| Mean by 60 days         | 0,18 | 1,11  | 6,46  | Mean by 60 days   | 0,18 | 0,91  | 3,24  |
| Median by 60 days       | 0,09 | 0,57  | 4,53  | Median by 60 days | 0,09 | 0,41  | 2,00  |
| MAE - Регионы           | Д    | Н     | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                  | 0,22 | 1,32  | 10,50 | Ex VAR            | 0,15 | 0,58  | 2,26  |
| Regularized Arma        | 0,25 | 1,49  | 11,13 | Regularized Arma  | 0,17 | 0,71  | 2,50  |
| Mean by 60 days         | 0,42 | 2,57  | 14,99 | Mean by 60 days   | 0,34 | 1,60  | 4,55  |
| Median by 60 days       | 0,22 | 1,32  | 10,50 | Median by 60 days | 0,15 | 0,58  | 2,26  |
| #42 Грузы в контейнерах |      |       |       |                   |      |       |       |
| MAE - Станции           | Д    | Н     | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                  | 0,05 | 0,49  | 1,61  | Ex VAR            | 0,05 | 0,49  | 1,26  |
| Regularized Arma        | 0,09 | 0,80  | 2,83  | Regularized Arma  | 0,09 | 0,80  | 2,30  |
| Mean by 60 days         | 0,18 | 1,40  | 5,34  | Mean by 60 days   | 0,18 | 1,40  | 4,39  |
| Median by 60            | 0,05 | 0,49  | 1,61  | Median by         | 0,05 | 0,49  | 1,26  |

|                               |      |      |       |                   |      |      |      |
|-------------------------------|------|------|-------|-------------------|------|------|------|
| days                          |      |      |       | 60 days           |      |      |      |
| MAE - Регионы                 | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,07 | 0,72 | 2,35  | Ex VAR            | 0,07 | 0,67 | 1,48 |
| Regularized Arma              | 0,13 | 1,16 | 4,08  | Regularized Arma  | 0,13 | 1,10 | 2,69 |
| Mean by 60 days               | 0,27 | 2,02 | 7,58  | Mean by 60 days   | 0,27 | 1,92 | 5,00 |
| Median by 60 days             | 0,07 | 0,72 | 2,35  | Median by 60 days | 0,07 | 0,67 | 1,48 |
| #43 Остальные и сборные грузы |      |      |       |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                 | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,15 | 0,81 | 2,81  | Ex VAR            | 0,15 | 0,79 | 1,70 |
| Regularized Arma              | 0,16 | 0,91 | 3,39  | Regularized Arma  | 0,16 | 0,89 | 2,13 |
| Mean by 60 days               | 0,21 | 1,21 | 4,39  | Mean by 60 days   | 0,21 | 1,18 | 2,75 |
| Median by 60 days             | 0,11 | 0,71 | 3,24  | Median by 60 days | 0,11 | 0,69 | 1,87 |
| MAE - Регионы                 | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,56 | 2,61 | 8,96  | Ex VAR            | 0,54 | 1,13 | 1,62 |
| Regularized Arma              | 0,61 | 2,80 | 9,70  | Regularized Arma  | 0,59 | 1,23 | 1,89 |
| Mean by 60 days               | 0,77 | 3,66 | 12,41 | Mean by 60 days   | 0,75 | 1,68 | 2,38 |
| Median by 60 days             | 0,43 | 2,83 | 13,00 | Median by 60 days | 0,41 | 1,11 | 2,28 |

7) Графики значений ошибок прогнозирования MAE и MAPE в ретроспективном разрезе с детализацией по дням, неделям, месяцам, агрегированных по парам станций и регионов и усредненных по всем типам грузов по формулам (33-34), представлены на рис. В.2.110 и рис. В.2.111, соответственно. На рис. В.2.110 – В.2.111 (а-в) приведены графики зависимости значений ошибок MAE от горизонта прогнозирования для пар станций и регионов соответственно, усредненных по всем типам грузов, по оси ординат отложены значения ошибок MAE, по оси абсцисс – горизонт прогнозирования в днях, неделях и месяцах соответственно; на рис. В.2.110 – В.2.111 (г-е) приведен график зависимости значений ошибок MAPE от горизонта прогнозирования для пар станций и регионов соответственно, усредненных по всем типам грузов, по оси абсцисс отложены значения

ошибок MAPE, по оси ординат – горизонт прогнозирования в днях, неделях и месяцах соответственно.

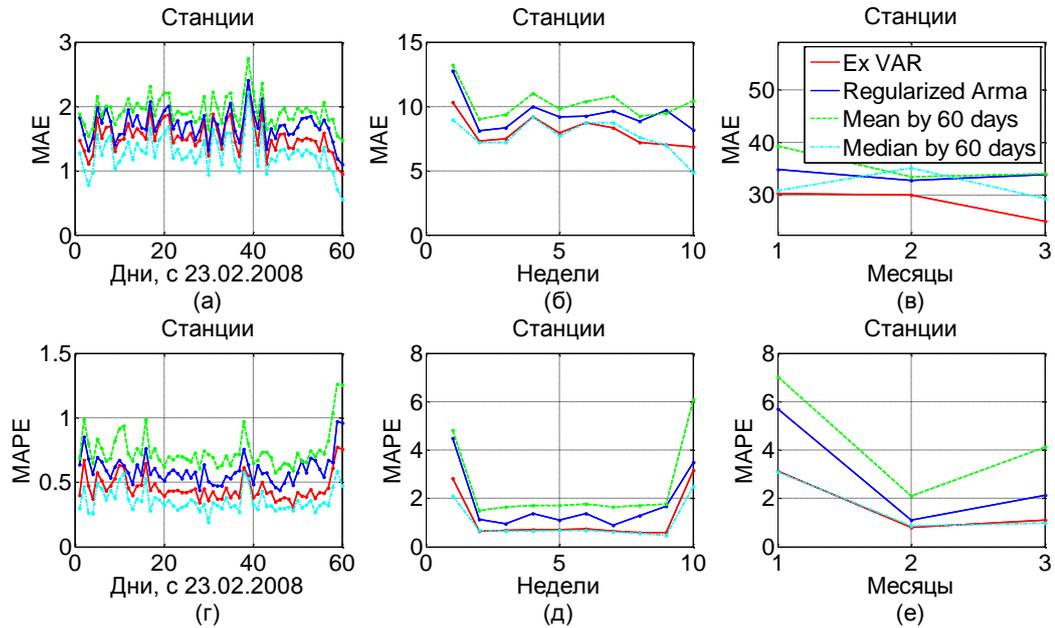


Рис. В.2.110. Значения ошибок прогнозирования MAE и MAPE в ретроспективном разрезе, усредненные по всем типам грузов для пар станций

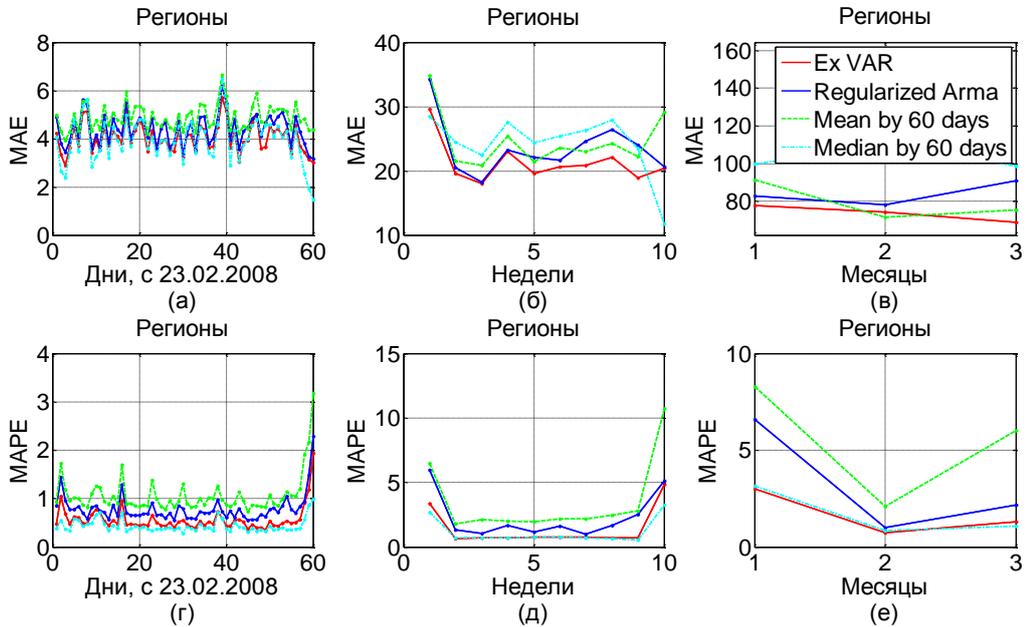


Рис. В.2.111. Значения ошибок прогнозирования MAE и MAPE в ретроспективном разрезе, усредненные по всем типам грузов для пар регионов

### **В.2.2 Оценка результатов прогнозов**

В данном подразделе приводятся результаты оценки в соответствии с подразделом 1.1.2 Программы и методики проведения вычислительного эксперимента.

Из результатов, представленных в табл. В.2.2 и рис. В.2.74 – В.2.109 следует, что:

- в 52 из 72 случаев значение ошибки меньше значения ошибки для алгоритма ARMA для заданных исходных данных (значение ошибки MAE для пар станций и регионов с детализацией по дням);
- в 57 из 72 случаев значение ошибки меньше значения ошибки для алгоритма ARMA для заданных исходных данных (значение ошибки MAE для пар станций и регионов с детализацией по неделям);
- в 58 из 72 случаев значение ошибки меньше значения ошибки для алгоритма ARMA для заданных исходных данных (значение ошибки MAE для пар станций и регионов с детализацией по месяцам);
- в 51 из 72 случаев значение ошибки меньше значения ошибки для алгоритма ARMA для заданных исходных данных (значение ошибки MAPE для пар станций и регионов с детализацией по дням);
- в 53 из 72 случаев значение ошибки меньше значения ошибки для алгоритма ARMA для заданных исходных данных (значение ошибки MAPE для пар станций и регионов с детализацией по неделям);
- в 55 из 72 случаев значение ошибки меньше значения ошибки для алгоритма ARMA для заданных исходных данных (значение ошибки MAPE для пар станций и регионов с детализацией по месяцам).

### **В.2.3 Выводы**

В этом разделе, выполненном в соответствии с пп. 2.1, 2.2, 3.2, 5.1 замечаний Эксперта, представлены результаты проведения серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки на модельных исходных данных объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки и экзогенных факторов с помощью макета модуля прогнозирования с использованием результатов экспертной оценки по

анализу взаимосвязей между внешними факторами и объемами перевозок, основанному на статистическом тесте Грейнджера и выявленных автоматически.

Значения ошибок прогнозирования статистически не превосходят значения ошибок прогнозирования по модели ARMA.

Из сравнения результатов прогнозирования следует, что целесообразно использовать временные ряды экзогенных факторов, связанных с прогнозируемыми временными рядами.

Таким образом, все работы данного раздела, предусмотренные замечаниями Эксперта, выполнены полностью.

В основу методов анализа и сравнения прогностических моделей, а также разработанной математической модели и макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки, учитывающей влияние экзогенных факторов на объемы спроса на грузовые железнодорожные перевозки были положены теоретические результаты, полученные на предыдущих этапах (разделы 1 и 3, подраздел 2.1 Отчета о ПНИ за первый этап: «Аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей исследуемую научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ», «Постановка и анализ проблемы прогнозирования объемов спроса на ГЖДП с учетом влияния экзогенных факторов» и «Выявление и исследование экзогенных факторов, а также исследования их влияния на объемы спроса на грузовые железнодорожные перевозки», соответственно), (раздел 1 и подраздел 1.5.5 Отчета о ПНИ за второй этап: «Исследования по разработке математической модели прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки, учитывающей влияние экзогенных факторов на объемы спроса на грузовые железнодорожные перевозки, а также специфику бизнес-процессов и нормативов промышленного партнера» и «Анализ качества алгоритмов прогнозирования при наличии нестационарности», соответственно) и представленные в статье: Методы прогнозирования временных рядов. На примере железнодорожных грузоперевозок. / Ю. И. Журавлев, К. В. Рудаков, А. Д. Корчагин и др. // Вестник РАН, 2016. № 2, сс. 33–38.

### **В.3 Проведение серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объёмов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с использованием макета модуля прогнозирования объёмов спроса на грузовые железнодорожные перевозки для сравнения значений спрогнозированных объёмов спроса на грузовые железнодорожные перевозки со значениями контрольной выборки данных об объёмах спроса на грузовые железнодорожные перевозки и сравнения ошибки прогнозирования предложенной модели с ошибкой прогнозирования модели ARMA на контрольной выборке данных**

Представленные в этом разделе результаты вычислительных экспериментов на макете модуля прогнозирования ОСГП и сравнения этих результатов со значениями контрольной выборки данных об ОСГП, а также сравнения ошибок полученных прогнозов с ошибками прогнозирования на модели ARMA выполнены в соответствии с пп. 2.1, 2.2, 3.2, 5.1 замечаний Эксперта.

#### **В.3.1 Результаты вычислительных экспериментов**

1) Графики значений оценки точности относительно модели ARMA в ретроспективном разрезе для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям и месяцам, вычисленных по формулам (57-62), представлены на рис. В.3.1 и рис. В.3.2 соответственно. На рис. В.3.1 – В.3.2 (а-в) приведен график зависимости значений оценки точности MAE относительно модели ARMA в ретроспективном разрезе для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям и месяцам соответственно, по оси абсцисс отложен горизонт прогнозирования в днях, неделях и месяцах соответственно, по оси ординат – значения оценки точности относительно ARMA; на рис. В.3.1 – В.3.2 (г-е) приведен график зависимости значений оценки точности MAPE относительно модели ARMA в ретроспективном разрезе для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям и месяцам соответственно, по оси абсцисс отложен горизонт прогнозирования в днях, неделях и месяцах соответственно, по оси ординат – значения оценки точности относительно ARMA.

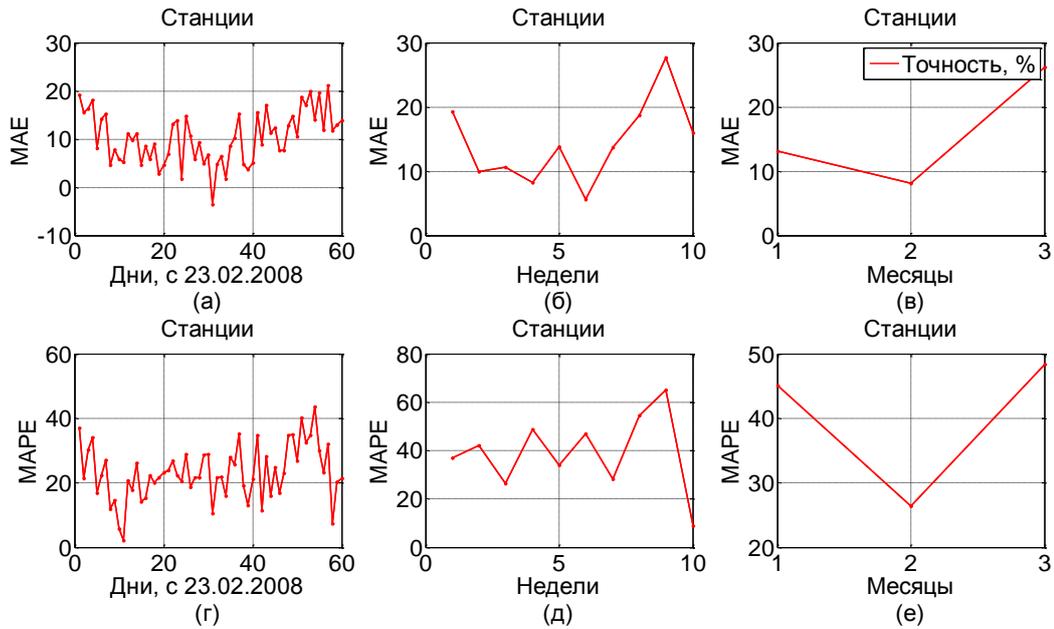


Рис. В.3.1. Сравнение точности относительно ARMA для пар станций

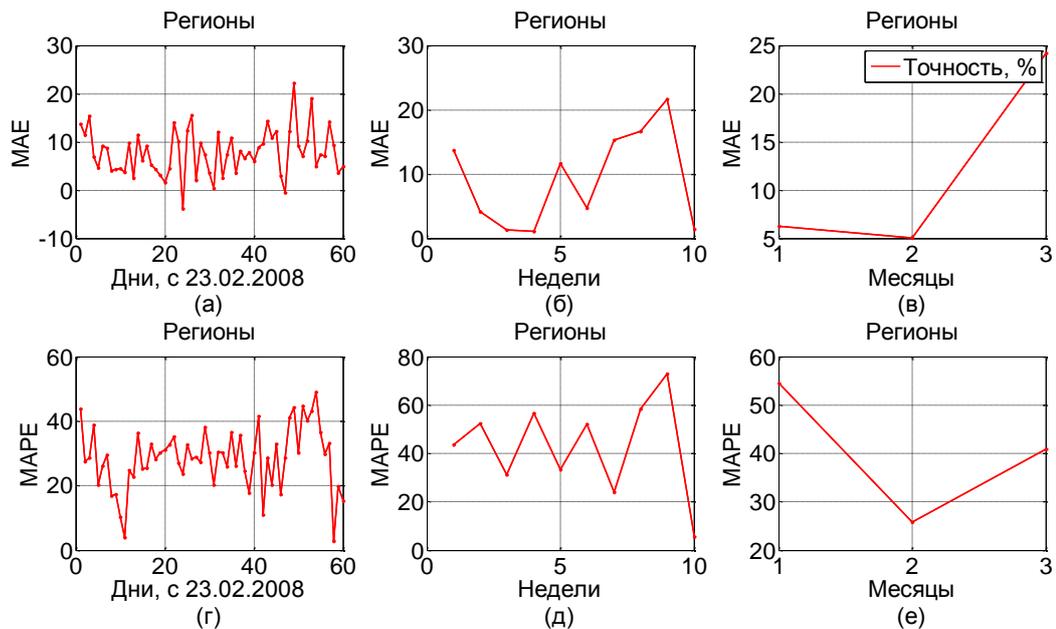


Рис. В.3.2. Сравнение точности относительно ARMA для пар регионов

2) Табличные значения оценки точности относительно модели ARMA для пар станции и регионов с детализацией по дням (Д), неделям (Н), месяцам (М), вычисленные по формулам (75-80) представлены в табл. В.3.1.

Таблица В.3.1 – Оценка точности для пар станций и регионов (%).

| Тип груза                                     | Станции |        |        | Регионы |        |        |
|---|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
|   | Д       | Н      | М      | Д       | Н      | М      |
| #1 Каменный уголь                             | 7,73    | 7,11   | 5,38   | 6,95    | 3,77   | 2,40   |
| #2 Кокс                                       | -3,55   | -4,75  | -11,50 | -3,15   | -3,65  | -10,07 |
| #3 Нефть                                      | -2,13   | 3,02   | 9,26   | 5,66    | 11,48  | 24,09  |
| #6 Флюсы                                      | 68,23   | 68,46  | 66,44  | 68,23   | 68,45  | 66,44  |
| #7 Руда железная                              | 48,08   | 52,00  | 57,60  | 49,22   | 52,62  | 56,80  |
| #8 Руда цветная                               | 8,55    | 18,43  | 13,37  | 6,89    | 14,75  | 2,08   |
| #9 Черные металлы                             | 23,03   | 28,98  | 30,64  | 20,18   | 25,97  | 15,31  |
| #10 Машины и оборудование                     | 35,76   | 35,73  | 28,91  | 35,58   | 34,49  | 22,65  |
| #11 Металлические конструкции                 | 31,09   | 42,96  | 34,64  | 28,94   | 35,37  | 16,86  |
| #12 Метизы                                    | -0,23   | -5,04  | 4,27   | -6,45   | -17,79 | -21,27 |
| #13 Лом черных металлов                       | -5,92   | -1,04  | -11,33 | -24,78  | -46,08 | -55,25 |
| #14 Сельскохозяйственные машины               | 2,48    | 8,47   | 6,87   | 1,78    | 7,51   | 7,38   |
| #15 Автомобили                                | 81,41   | 83,98  | 69,59  | 81,39   | 83,89  | 69,10  |
| #16 Цветные металлы                           | 18,08   | 21,94  | 21,51  | 18,05   | 21,83  | 21,31  |
| #17 Химические и минеральные удобрения        | 7,30    | 2,43   | -6,32  | 5,39    | -7,27  | -21,03 |
| #18 Химикаты и сода                           | -13,27  | -25,82 | -46,71 | -13,22  | -30,00 | -48,32 |
| #19 Строительные грузы                        | -2,74   | -0,49  | -7,46  | 0,79    | -3,79  | -15,42 |
| #20 Промышленное сырье                        | 29,48   | 19,00  | 14,11  | 29,47   | 18,94  | 14,00  |
| #21 Шлаки гранулированные                     | 20,44   | 35,28  | 21,60  | 20,44   | 35,28  | 21,60  |
| #22 Огнеупоры                                 | 20,99   | 29,32  | 21,92  | 20,95   | 29,12  | 21,36  |
| #23 Цемент                                    | -6,12   | 9,49   | 31,17  | -9,28   | 6,45   | 15,57  |
| #24 Лесные грузы                              | 43,91   | 44,81  | 40,06  | 43,14   | 42,70  | 38,22  |
| #25 Сахар                                     | -10,81  | -3,68  | -5,92  | -10,23  | 0,72   | 5,09   |
| #26 Мясо и масло животное                     | 8,95    | 15,99  | 26,93  | 8,94    | 15,69  | 26,45  |
| #27 Рыба                                      | 52,56   | 57,46  | 63,18  | 51,64   | 52,36  | 58,46  |
| #28 Картофель, овощи и фрукты                 | 8,05    | 12,82  | -25,96 | 7,56    | 17,64  | -32,19 |
| #29 Соль поваренная                           | 32,70   | 34,29  | 21,87  | 32,70   | 34,29  | 21,87  |
| #30 Остальные продовольственные товары        | -6,61   | -1,91  | 6,69   | -3,38   | 1,24   | 6,39   |
| #31 Промышленные товары народного потребления | -7,81   | 1,26   | 4,99   | -6,08   | 12,62  | 18,69  |
| #34 Зерно                                     | 1,16    | 5,82   | 15,94  | 1,53    | 7,19   | 13,86  |
| #35 Продукты перемола                         | 16,76   | 16,13  | 12,16  | 14,38   | 10,78  | 2,42   |
| #36 Комбикорма                                | -12,38  | -6,39  | 4,05   | -12,41  | -6,50  | 3,76   |
| #38 Жмыхи                                     | 83,68   | 88,62  | 84,10  | 83,65   | 88,54  | 83,47  |
| #39 Бумага                                    | 10,44   | 11,44  | 6,00   | 10,42   | 11,27  | 5,66   |
| #42 Грузы в контейнерах                       | 43,64   | 38,27  | 43,21  | 43,56   | 37,99  | 42,29  |
| #43 Остальные и сборные грузы                 | 8,37    | 11,53  | 17,10  | 6,91    | 6,61   | 7,65   |

3) Графики значений оценки точности относительно прогнозов модели ARMA, агрегированных для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям и месяцам для различных видов грузов, вычисленных по формулам (75-80) представлены на рис. В.3.3 – В.3.8 На рис. В.3.3 – В.3.8 приведены графики зависимости точности относительно модели ARMA для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям и месяцам соответственно; по оси абсцисс отложены значения кодов груза, по оси ординат – значения оценки точности относительно ARMA.

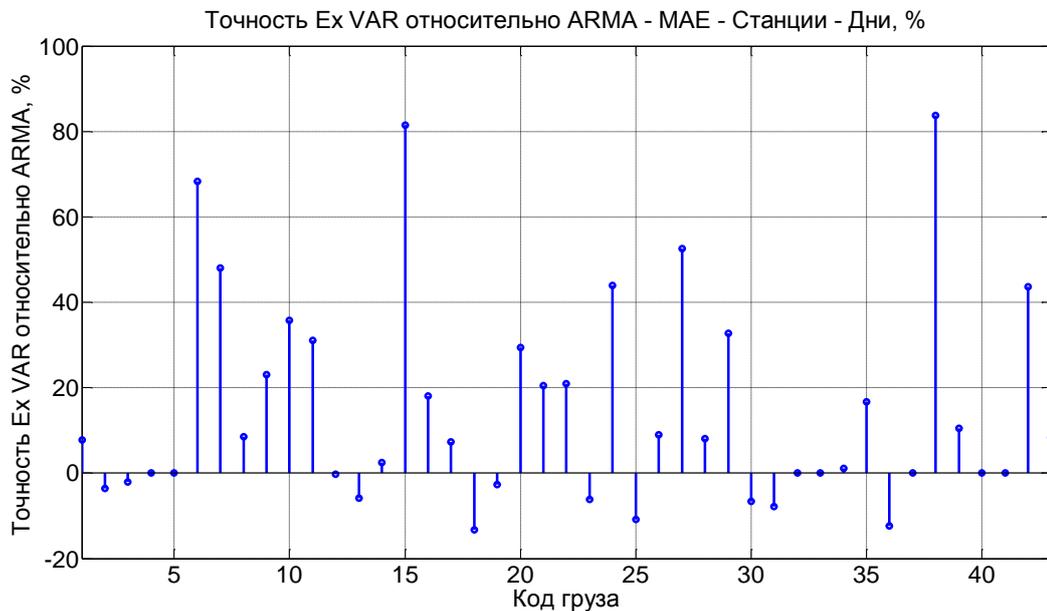


Рис. В.3.3. Оценка точности относительно модели ARMA  
для пар станций с детализацией по дням, %

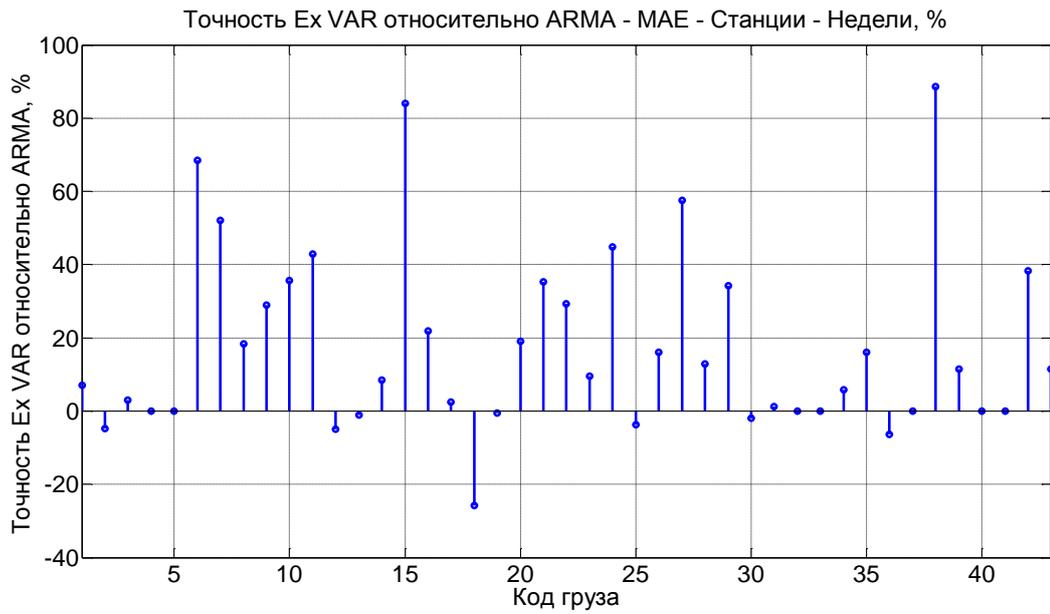


Рис. В.3.4. Оценка точности относительно модели ARMA  
для пар станций с детализацией по неделям, %

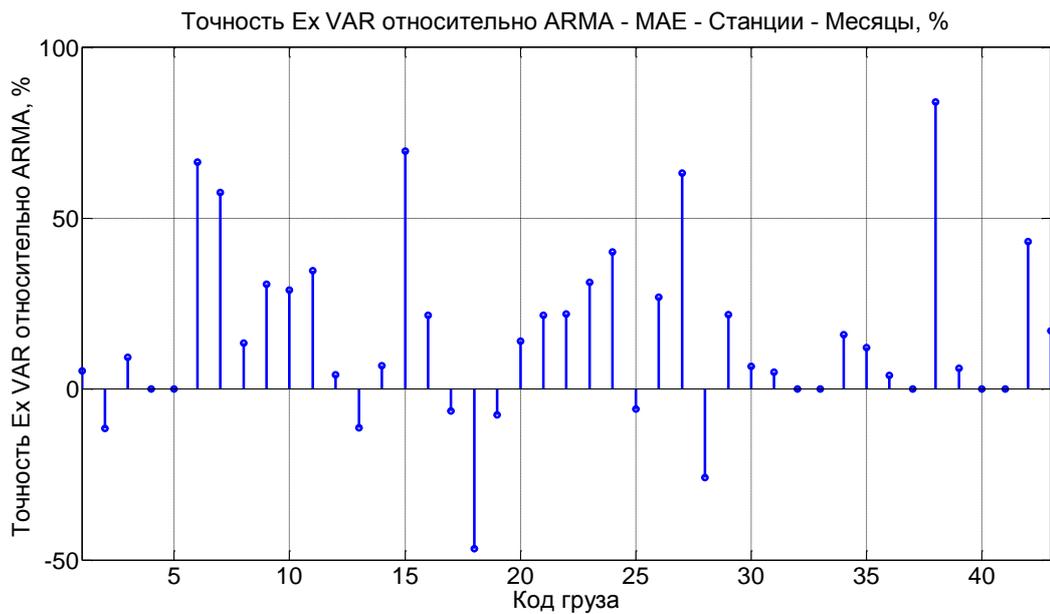


Рис. В.3.5. Оценка точности относительно модели ARMA  
для пар станций с детализацией по месяцам, %

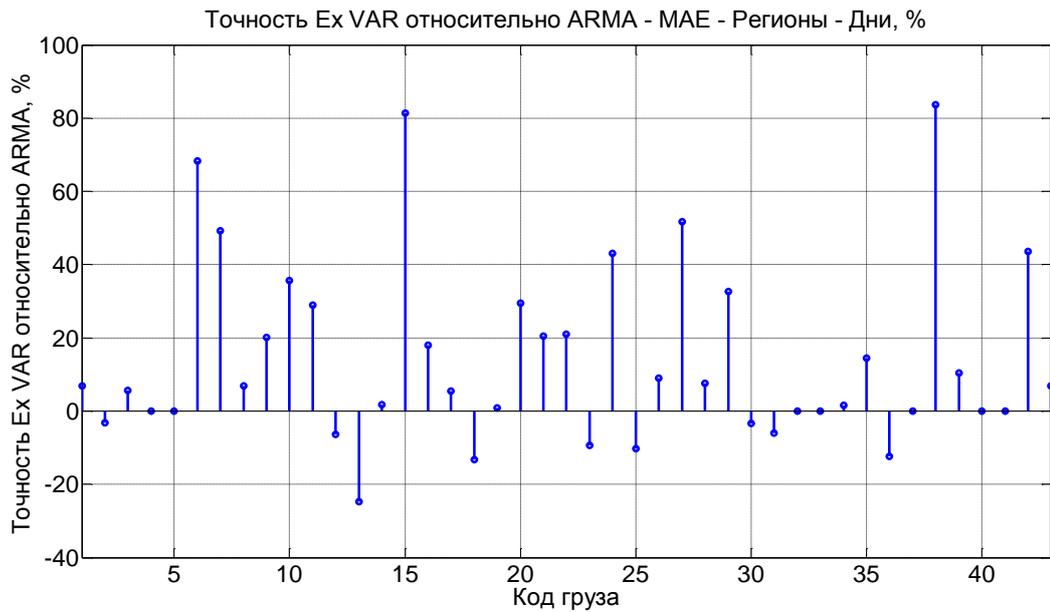


Рис. В.3.6. Оценка точности относительно модели ARMA  
для пар регионов с детализацией по дням, %

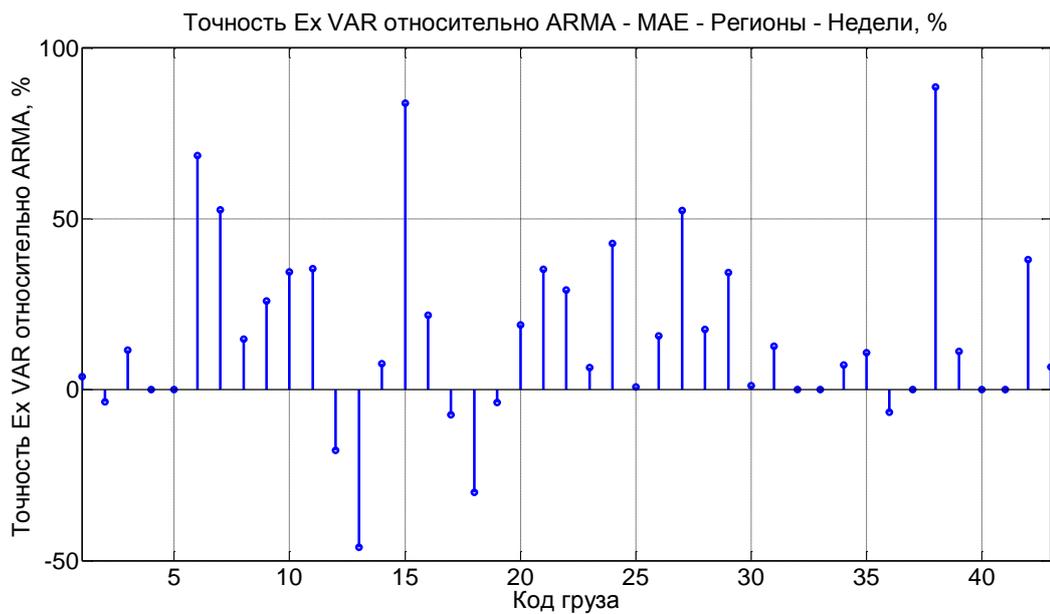


Рис. В.3.7. Оценка точности относительно модели ARMA  
для пар регионов с детализацией по неделям, %

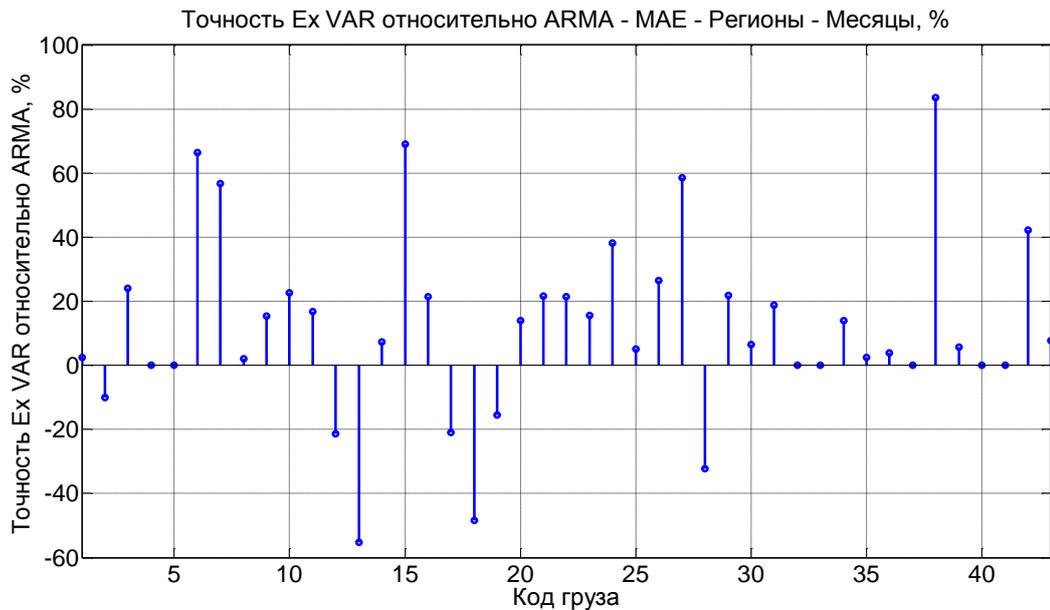


Рис. В.3.8. Оценка точности относительно модели ARMA для пар регионов с детализацией по месяцам, %

4) Табличные значения оценки точности относительно модели ARMA для пар станций и регионов, вычисленные по формулам (75-80) и отсортированные по убыванию оценки точности с детализацией по дням, неделям и месяцам представлены в табл. В.3.2 – В.3.4, соответственно. Результаты оценки точности для типов грузов «#33 Сахарная свекла и семена» и «#4 Торф» исключены из представленных в виду их низкой репрезентативности, связанной с наличием значительного количества нулевых значений объемов перевозок данного типа груза.

Таблица В.3.2. – Упорядоченные по убыванию с детализацией по дням оценки точности для пар станций и регионов (%).

| Станции                       | Точность, % | Регионы                       | Точность, % |
|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| 1                             |             | 2                             |             |
| #38 Жмыхи                     | 83,68       | #38 Жмыхи                     | 83,65       |
| #15 Автомобили                | 81,41       | #15 Автомобили                | 81,39       |
| #6 Флюсы                      | 68,23       | #6 Флюсы                      | 68,23       |
| #27 Рыба                      | 52,56       | #27 Рыба                      | 51,64       |
| #7 Руда железная              | 48,08       | #7 Руда железная              | 49,22       |
| #24 Лесные грузы              | 43,91       | #42 Грузы в контейнерах       | 43,56       |
| #42 Грузы в контейнерах       | 43,64       | #24 Лесные грузы              | 43,14       |
| #10 Машины и оборудование     | 35,76       | #10 Машины и оборудование     | 35,58       |
| #29 Соль поваренная           | 32,70       | #29 Соль поваренная           | 32,70       |
| #11 Металлические конструкции | 31,09       | #20 Промышленное сырье        | 29,47       |
| #20 Промышленное сырье        | 29,48       | #11 Металлические конструкции | 28,94       |

Таблица В.3.2. – Продолжение

| <i>1</i>                                      |        | <i>2</i>                                      |        |
|---|--------|---|--------|
| #9 Черные металлы                             | 23,03  | #22 Огнеупоры                                 | 20,95  |
| #22 Огнеупоры                                 | 20,99  | #21 Шлаки гранулированные                     | 20,44  |
| #21 Шлаки гранулированные                     | 20,44  | #9 Черные металлы                             | 20,18  |
| #16 Цветные металлы                           | 18,08  | #16 Цветные металлы                           | 18,05  |
| #35 Продукты перемола                         | 16,76  | #35 Продукты перемола                         | 14,38  |
| #39 Бумага                                    | 10,44  | #39 Бумага                                    | 10,42  |
| #26 Мясо и масло животное                     | 8,95   | #26 Мясо и масло животное                     | 8,94   |
| #8 Руда цветная                               | 8,55   | #28 Картофель, овощи и фрукты                 | 7,56   |
| #43 Остальные и сборные грузы                 | 8,37   | #1 Каменный уголь                             | 6,95   |
| #28 Картофель, овощи и фрукты                 | 8,05   | #43 Остальные и сборные грузы                 | 6,91   |
| #1 Каменный уголь                             | 7,73   | #8 Руда цветная                               | 6,89   |
| #17 Химические и минеральные удобрения        | 7,30   | #3 Нефть                                      | 5,66   |
| #14 Сельскохозяйственные машины               | 2,48   | #17 Химические и минеральные удобрения        | 5,39   |
| #34 Зерно                                     | 1,16   | #14 Сельскохозяйственные машины               | 1,78   |
| #12 Метизы                                    | -0,23  | #34 Зерно                                     | 1,53   |
| #3 Нефть                                      | -2,13  | #19 Строительные грузы                        | 0,79   |
| #19 Строительные грузы                        | -2,74  | #2 Кокс                                       | -3,15  |
| #2 Кокс                                       | -3,55  | #30 Остальные продовольственные товары        | -3,38  |
| #13 Лом черных металлов                       | -5,92  | #31 Промышленные товары народного потребления | -6,08  |
| #23 Цемент                                    | -6,12  | #12 Метизы                                    | -6,45  |
| #30 Остальные продовольственные товары        | -6,61  | #23 Цемент                                    | -9,28  |
| #31 Промышленные товары народного потребления | -7,81  | #25 Сахар                                     | -10,23 |
| #25 Сахар                                     | -10,81 | #36 Комбикорма                                | -12,41 |
| #36 Комбикорма                                | -12,38 | #18 Химикаты и сода                           | -13,22 |
| #18 Химикаты и сода                           | -13,27 | #13 Лом черных металлов                       | -24,78 |

Таблица В.3.3. – Упорядоченные по убыванию с детализацией по неделям оценки точности для пар станций и регионов (%).

| Станции                                       | Точность, % | Регионы                                       | Точность, % |
|---|-------------|---|-------------|
| #38 Жмыхи                                     | 88,62       | #38 Жмыхи                                     | 88,54       |
| #15 Автомобили                                | 83,98       | #15 Автомобили                                | 83,89       |
| #6 Флюсы                                      | 68,46       | #6 Флюсы                                      | 68,45       |
| #27 Рыба                                      | 57,46       | #7 Руда железная                              | 52,62       |
| #7 Руда железная                              | 52,00       | #27 Рыба                                      | 52,36       |
| #24 Лесные грузы                              | 44,81       | #24 Лесные грузы                              | 42,70       |
| #11 Металлические конструкции                 | 42,96       | #42 Грузы в контейнерах                       | 37,99       |
| #42 Грузы в контейнерах                       | 38,27       | #11 Металлические конструкции                 | 35,37       |
| #10 Машины и оборудование                     | 35,73       | #21 Шлаки гранулированные                     | 35,28       |
| #21 Шлаки гранулированные                     | 35,28       | #10 Машины и оборудование                     | 34,49       |
| #29 Соль поваренная                           | 34,29       | #29 Соль поваренная                           | 34,29       |
| #22 Огнеупоры                                 | 29,32       | #22 Огнеупоры                                 | 29,12       |
| #9 Черные металлы                             | 28,98       | #9 Черные металлы                             | 25,97       |
| #16 Цветные металлы                           | 21,94       | #16 Цветные металлы                           | 21,83       |
| #20 Промышленное сырье                        | 19,00       | #20 Промышленное сырье                        | 18,94       |
| #8 Руда цветная                               | 18,43       | #28 Картофель, овощи и фрукты                 | 17,64       |
| #35 Продукты перемола                         | 16,13       | #26 Мясо и масло животное                     | 15,69       |
| #26 Мясо и масло животное                     | 15,99       | #8 Руда цветная                               | 14,75       |
| #28 Картофель, овощи и фрукты                 | 12,82       | #31 Промышленные товары народного потребления | 12,62       |
| #43 Остальные и сборные грузы                 | 11,53       | #3 Нефть                                      | 11,48       |
| #39 Бумага                                    | 11,44       | #39 Бумага                                    | 11,27       |
| #23 Цемент                                    | 9,49        | #35 Продукты перемола                         | 10,78       |
| #14 Сельскохозяйственные машины               | 8,47        | #14 Сельскохозяйственные машины               | 7,51        |
| #1 Каменный уголь                             | 7,11        | #34 Зерно                                     | 7,19        |
| #34 Зерно                                     | 5,82        | #43 Остальные и сборные грузы                 | 6,61        |
| #3 Нефть                                      | 3,02        | #23 Цемент                                    | 6,45        |
| #17 Химические и минеральные удобрения        | 2,43        | #1 Каменный уголь                             | 3,77        |
| #31 Промышленные товары народного потребления | 1,26        | #30 Остальные продовольственные товары        | 1,24        |
| #19 Строительные грузы                        | -0,49       | #25 Сахар                                     | 0,72        |
| #13 Лом черных металлов                       | -1,04       | #2 Кокс                                       | -3,65       |
| #30 Остальные продовольственные товары        | -1,91       | #19 Строительные грузы                        | -3,79       |
| #25 Сахар                                     | -3,68       | #36 Комбикорма                                | -6,50       |
| #2 Кокс                                       | -4,75       | #17 Химические и минеральные удобрения        | -7,27       |
| #12 Метизы                                    | -5,04       | #12 Метизы                                    | -17,79      |
| #36 Комбикорма                                | -6,39       | #18 Химикаты и сода                           | -30,00      |
| #18 Химикаты и сода                           | -25,82      | #13 Лом черных металлов                       | -46,08      |

Таблица В.3.4. – Упорядоченные по убыванию с детализацией по месяцам  
оценки точности для пар станций и регионов (%).

| Станции                                       | Точность, % | Регионы                                       | Точность, % |
|---|-------------|---|-------------|
| #38 Жмыхи                                     | 84,10       | #38 Жмыхи                                     | 83,47       |
| #15 Автомобили                                | 69,59       | #15 Автомобили                                | 69,10       |
| #6 Флюсы                                      | 66,44       | #6 Флюсы                                      | 66,44       |
| #27 Рыба                                      | 63,18       | #27 Рыба                                      | 58,46       |
| #7 Руда железная                              | 57,60       | #7 Руда железная                              | 56,80       |
| #42 Грузы в контейнерах                       | 43,21       | #42 Грузы в контейнерах                       | 42,29       |
| #24 Лесные грузы                              | 40,06       | #24 Лесные грузы                              | 38,22       |
| #11 Металлические конструкции                 | 34,64       | #26 Мясо и масло животное                     | 26,45       |
| #23 Цемент                                    | 31,17       | #3 Нефть                                      | 24,09       |
| #9 Черные металлы                             | 30,64       | #10 Машины и оборудование                     | 22,65       |
| #10 Машины и оборудование                     | 28,91       | #29 Соль поваренная                           | 21,87       |
| #26 Мясо и масло животное                     | 26,93       | #21 Шлаки гранулированные                     | 21,60       |
| #22 Огнеупоры                                 | 21,92       | #22 Огнеупоры                                 | 21,36       |
| #29 Соль поваренная                           | 21,87       | #16 Цветные металлы                           | 21,31       |
| #21 Шлаки гранулированные                     | 21,60       | #31 Промышленные товары народного потребления | 18,69       |
| #16 Цветные металлы                           | 21,51       | #11 Металлические конструкции                 | 16,86       |
| #43 Остальные и сборные грузы                 | 17,10       | #23 Цемент                                    | 15,57       |
| #34 Зерно                                     | 15,94       | #9 Черные металлы                             | 15,31       |
| #20 Промышленное сырье                        | 14,11       | #20 Промышленное сырье                        | 14,00       |
| #8 Руда цветная                               | 13,37       | #34 Зерно                                     | 13,86       |
| #35 Продукты перемола                         | 12,16       | #43 Остальные и сборные грузы                 | 7,65        |
| #3 Нефть                                      | 9,26        | #14 Сельскохозяйственные машины               | 7,38        |
| #14 Сельскохозяйственные машины               | 6,87        | #30 Остальные продовольственные товары        | 6,39        |
| #30 Остальные продовольственные товары        | 6,69        | #39 Бумага                                    | 5,66        |
| #39 Бумага                                    | 6,00        | #25 Сахар                                     | 5,09        |
| #1 Каменный уголь                             | 5,38        | #36 Комбикорма                                | 3,76        |
| #31 Промышленные товары народного потребления | 4,99        | #35 Продукты перемола                         | 2,42        |
| #12 Метизы                                    | 4,27        | #1 Каменный уголь                             | 2,40        |
| #36 Комбикорма                                | 4,05        | #8 Руда цветная                               | 2,08        |
| #25 Сахар                                     | -5,92       | #2 Кокс                                       | -10,07      |
| #17 Химические и минеральные удобрения        | -6,32       | #19 Строительные грузы                        | -15,42      |
| #19 Строительные грузы                        | -7,46       | #17 Химические и минеральные удобрения        | -21,03      |
| #13 Лом черных металлов                       | -11,33      | #12 Метизы                                    | -21,27      |
| #2 Кокс                                       | -11,50      | #28 Картофель, овощи и фрукты                 | -32,19      |
| #28 Картофель, овощи и фрукты                 | -25,96      | #18 Химикаты и сода                           | -48,32      |
| #18 Химикаты и сода                           | -46,71      | #13 Лом черных металлов                       | -55,25      |

### **В.3.2 Оценка ошибок прогнозов, полученных с помощью модуля прогнозирования и по модели ARMA, относительно контрольной выборки данных об объемах спроса на ГП**

В данном подразделе приводятся результаты оценки по методике, описанной в п. 1.2.2 Программы и методики проведения вычислительного эксперимента.

Результат сравнения значений ошибок прогнозирования разработанного алгоритма с аналогичными результатами алгоритма ARMA для контрольной выборки данных приведен в подразделе В.2.2.

Вычисленные значения оценки точности результатов прогнозирования разработанного алгоритма относительно аналогичных результатов алгоритма ARMA для контрольной выборки данных представлены в табл. В.3.2-В.3.4 и на рис. В.3.3-В.3.8 для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям и месяцам, соответственно. Относительная точность алгоритмов определена в соответствии методикой, представленной в подразделе 1.2.2.

Ранжированные значения точности разработанного алгоритма относительно ARMA для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям, месяцам приведены в табл. В.3.2-В.3.4, соответственно. Положительным значениям точности соответствуют меньшие значения ошибки прогнозирования по сравнению с алгоритмом ARMA.

Результаты для типов грузов «#33 Сахарная свекла и семена» и «#4 Торф» исключены из представленных в виду их низкой репрезентативности, связанной с наличием значительного количество нулевых значений объемов перевозок данного типа груза.

Из результатов, представленных в табл. В.3.2 следует, что точность разработанного алгоритма превышает точность результатов, полученных по модели ARMA с детализацией по дням:

- для пар станций – для 25 типов грузов из 36 (69%);
- для пар регионов – для 27 типов грузов из 36 (75%).

Из результатов, представленных в табл. В.3.3 следует, что точность разработанного алгоритма превышает точность результатов, полученных по модели ARMA с детализацией по неделям:

- для пар станций – для 28 типов грузов из 36 (77%);
- для пар регионов – для 29 типов грузов из 36 (80%).

Из результатов, представленных в табл. В.3.4 следует, что точность разработанного алгоритма превышает точность результатов, полученных по модели ARMA с детализацией по месяцам:

- для пар станций – для 29 типов грузов из 36 (80%);
- для пар регионов – для 29 типов грузов из 36 (80%).

### **В.3.3 Выводы**

В этом разделе, выполненном в соответствии с пп. 2.1, 2.2, 3.2, 5.1 замечаний Эксперта, представлены результаты проведения серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с использованием макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки для сравнения значения спрогнозированных объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки со значениями контрольной выборки данных об объемах спроса на грузовые железнодорожные перевозки и сравнения ошибки прогнозирования предложенной модели ARMA на контрольной выборке данных.

Значения ошибок прогнозирования статистически не превосходят значения ошибок прогнозирования по модели ARMA.

Из сравнения результатов прогнозирования следует, что целесообразно использовать временные ряды экзогенных факторов, связанных с прогнозируемыми временными рядами.

Также, при построении моделей прогнозирования целесообразно учитывать характер поведения прогнозируемого временного ряда и выбирать наиболее соответствующие, оказывающие наибольшее влияние, экзогенные факторы для каждого временного ряда.

Из сравнения результатов, представленных в табл. 3.1 и табл. В.3.1, следует, что качество прогнозирования при использовании экспертных оценок ухудшилось для отдельных типов груза по сравнению с оценками влияния, полученными автоматически, но, в то же время, результаты, полученные с использованием экспертных оценок релевантности типов грузов и номенклатуры грузов, стали интерпретируемыми.

Из сравнения результатов прогнозирования с контрольной выборкой данных и аналогичными результатами по модели ARMA следует, что разработанный макет

модуля прогнозирования целесообразно использовать для прогнозирования объемов перевозок для пар станций и регионов с детализацией по дням. Положительный результат при сравнении ошибок прогнозирования для предложенного алгоритма достигнут для 69% и 75% типов груза для пар станций и регионов с детализацией по дням, соответственно. Положительный результат при сравнении ошибок прогнозирования для предложенного алгоритма при использовании экзогенных факторов, выявленных автоматически, достигнут для 83% и 83% типов груза для пар станций и регионов с детализацией по дням, соответственно.

Значения ошибок прогнозирования и оценки точности относительно модели ARMA зависят от качества исходных данных, но в целом, по результатам вычислительных экспериментов можно сделать вывод о статистическом превосходстве точности разработанного алгоритма с учетом экзогенных факторов по сравнению с результатами, полученными по модели ARMA.

Таким образом, все работы данного раздела, предусмотренные замечаниями Эксперта, выполнены полностью.

В основу решения задачи повышения качества прогнозирования временных рядов путем учета влияния экзогенных факторов и информации о реализации значений экзогенных временных рядов и разработанной математической модели прогнозирования были положены теоретические и практические результаты, полученные на предыдущих этапах (подраздел 1.5 Отчета о ПНИ за второй этап «Разработка и тестирование алгоритмов для выполнения алгебраических операций с гистограммами распределения значений объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки») и представленные в статье: А.П. Мотренко, К. В. Рудаков, В.В. Стрижов. Учет влияния экзогенных факторов при непараметрическом прогнозировании временных рядов // Вестник Московского Университета. Серия 15. Вычислительная Математика и Кибернетика, 2016, № 2. –12 с.

#### **В.4 Проведение серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки на модельных исходных данных объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки и экзогенных факторов с помощью макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с использованием дополнительного набора экзогенных факторов**

Представленные в этом разделе результаты вычислительных экспериментов по прогнозированию ОСГП на модельных исходных данных объемов спроса на ГП и экзогенных факторов с использованием дополнительного набора экзогенных факторов выполнены в соответствии с пп. 2.1, 2.2, 3.2, 5.1 замечаний Эксперта.

Техническое описание программы и методики проведения вычислительного эксперимента по прогнозированию объемов спроса на ГП на макете модуля прогнозирования ОСГП оформлена и представлена в Приложении А «ФИЦИУРАН-58.29.29/forecast-01-51-01 «Макет модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки. Программа и методика проведения вычислительных экспериментов по прогнозированию объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с помощью макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки».

##### **В.4.1 Результаты вычислительных экспериментов**

1) Визуализация повышения качества прогноза объемов перевозок каждого типа груза при включении экзогенных факторов представлена на рис. В.4.1. На рис. В.4.1 по осям абсцисс отложены коды экзогенных факторов (временные ряды экзогенных факторов), по осям ординат – коды типов грузов (эндогенные временные ряды), цвет ячейки рисунка отвечает числу включений соответствующей компоненты в прогностическую модель для прогнозируемого эндогенного временного ряда.

2) Список наименований экзогенных факторов, оказывающих наибольшее влияние на прогнозируемые временные ряды объемов перевозок с указанием типов грузов приведен в табл. В.4.1;

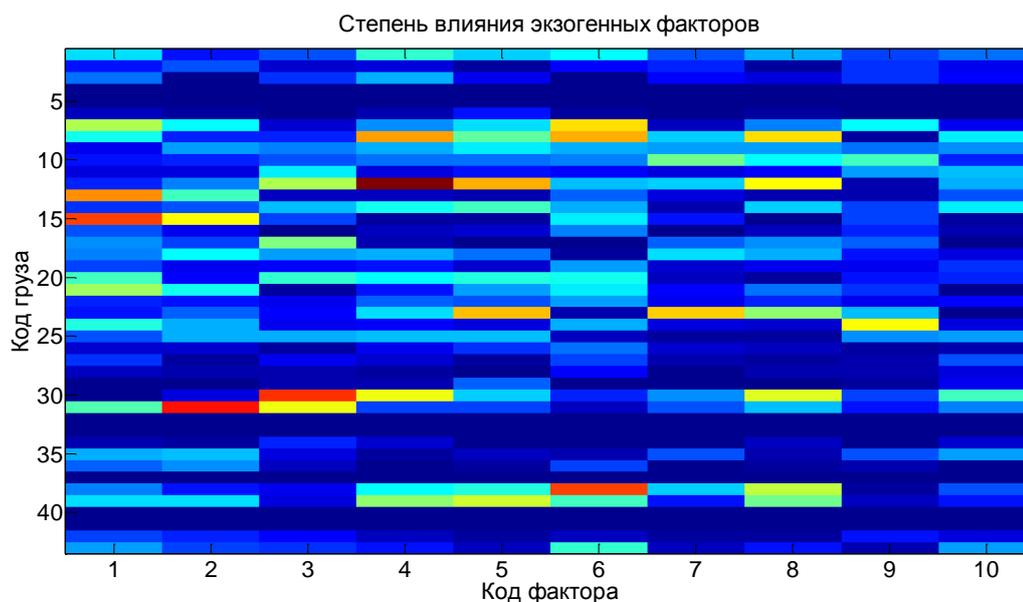


Рис. В.4.1. Визуализация повышения качества прогноза объемов перевозок данного типа груза при включении экзогенных факторов

Таблица В.4.1 – Соответствие временных рядов объемов перевозок и экзогенных факторов Ex VAR

| Типы грузов                            | Экзогенные факторы, оказывающие наибольшее влияние |
|--|--|
| <i>1</i>                               | <i>2</i>   |
| #1 Каменный уголь                      | Индекс РТС – Металлов и добычи                     |
| #2 Кокс                                | Nasdaq 100   |
| #3 Нефть                               | Индекс РТС – Металлов и добычи                     |
| #6 Флюсы                               | Индекс РТС – Промышленности                        |
| #7 Руда железная                       | Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи         |
| #8 Руда цветная                        | Индекс РТС – Металлов и добычи                     |
| #9 Черные металлы                      | Индекс РТС – Промышленности                        |
| #10 Машины и оборудование              | Объем импорта РФ                                   |
| #11 Металлические конструкции          | Индекс РТС   |
| #12 Метизы                             | Индекс РТС – Металлов и добычи                     |
| #13 Лом черных металлов                | Dow Jones 30 Industrials                           |
| #14 Сельскохозяйственные машины        | Индекс РТС – Промышленности                        |
| #15 Автомобили                         | Dow Jones 30 Industrials                           |
| #16 Цветные металлы                    | Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи         |
| #17 Химические и минеральные удобрения | Индекс РТС   |
| #18 Химикаты и сода                    | Nasdaq 100   |
| #19 Строительные грузы                 | Индекс химии и нефтехимии МБ                       |

Таблица В.4.1. – Продолжение

| <i>1</i>                                      | <i>2</i>                                   |
|---|--|
| #20 Промышленное сырье                        | Dow Jones 30 Industrials                   |
| #21 Шлаки гранулированные                     | Dow Jones 30 Industrials                   |
| #22 Огнеупоры                                 | Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи |
| #23 Цемент                                    | Индекс РТС – Промышленности                |
| #24 Лесные грузы                              | Российский индекс волатильности            |
| #25 Сахар                                     | Индекс РТС – Промышленности                |
| #26 Мясо и масло животное                     | Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи |
| #27 Рыба                                      | ФБ «С-Пб» Газпром                          |
| #28 Картофель, овощи и фрукты                 | Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи |
| #29 Соль поваренная                           | Индекс РТС – Промышленности                |
| #30 Остальные продовольственные товары        | Индекс РТС                                 |
| #31 Промышленные товары народного потребления | Nasdaq 100                                 |
| #34 Зерно                                     | Индекс РТС                                 |
| #35 Продукты перемола                         | Nasdaq 100                                 |
| #36 Комбикорма                                | Nasdaq 100                                 |
| #38 Жмыхи                                     | Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи |
| #39 Бумага                                    | Индекс РТС – Промышленности                |
| #42 Грузы в контейнерах                       | Dow Jones 30 Industrials                   |
| #43 Остальные и сборные грузы                 | Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи |

3) Графики временных рядов объемов перевозок данного типа груза совместно с экзогенным фактором, оказывающим наибольшее влияние на прогнозируемый временной ряд перевозок представлены на рис. В.4.2 – В.4.37. На рис. В.4.2 – В.4.37 приведены графики временных рядов объемов перевозок данного типа груза совместно с экзогенным фактором, по оси абсцисс отложены отсчеты временных рядов в днях, по оси ординат – значения временного ряда объемов перевозок данного типа груза (синий цвет) и значения временного ряда экзогенного фактора (зеленый цвет).

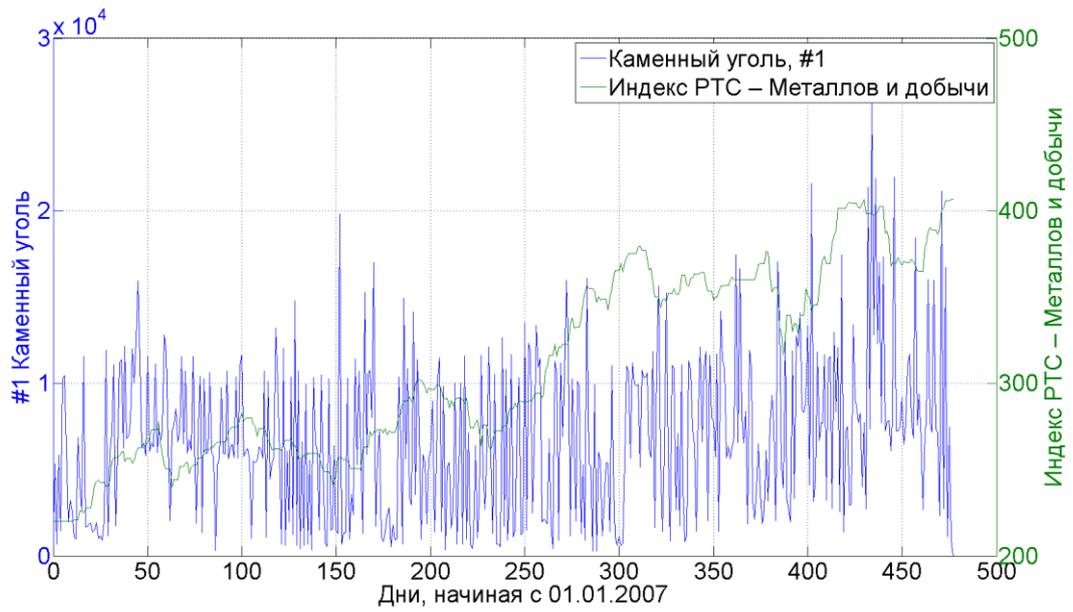


Рис. В.4.2. Тип груза #1 Каменный уголь - Индекс РТС – Металлов и добычи

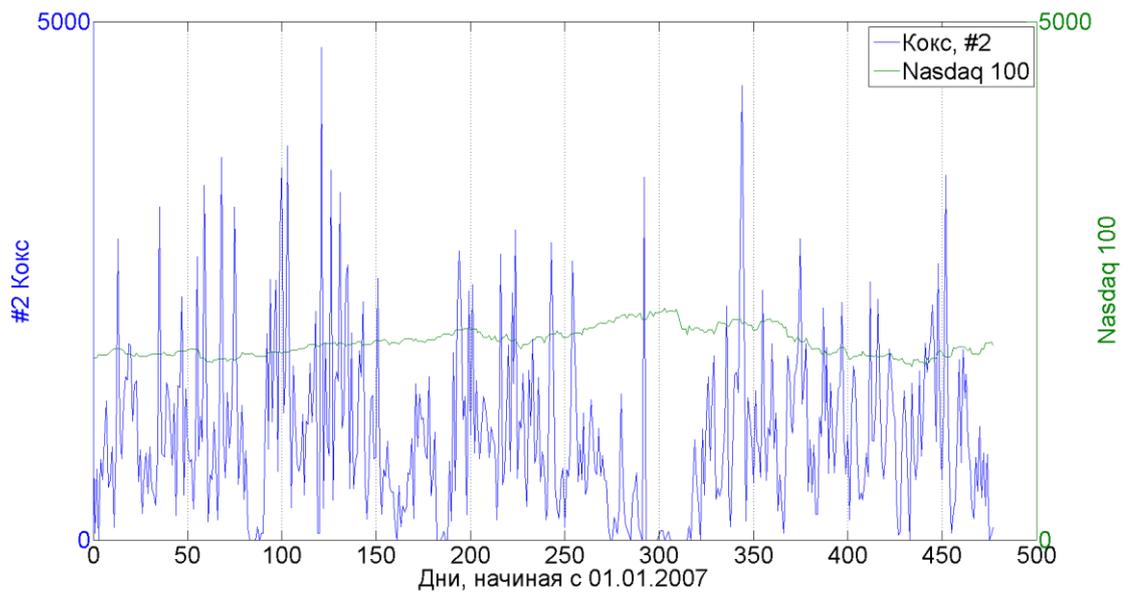


Рис. В.4.3. Тип груза #2 Кокс - Nasdaq 100

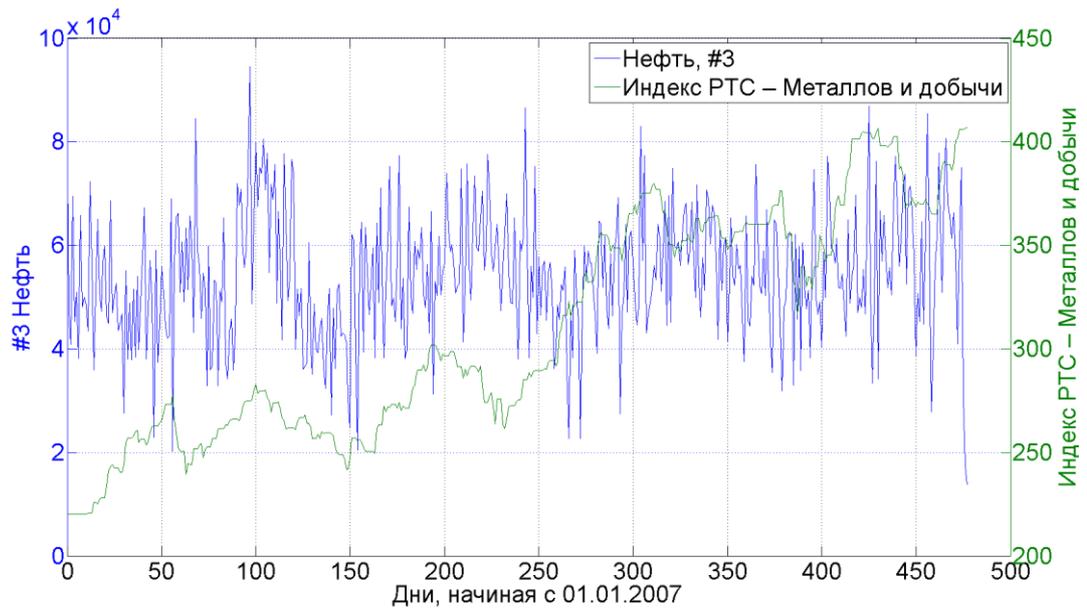


Рис. В.4.4. Тип груза #3 Нефть - Индекс РТС – Металлов и добычи

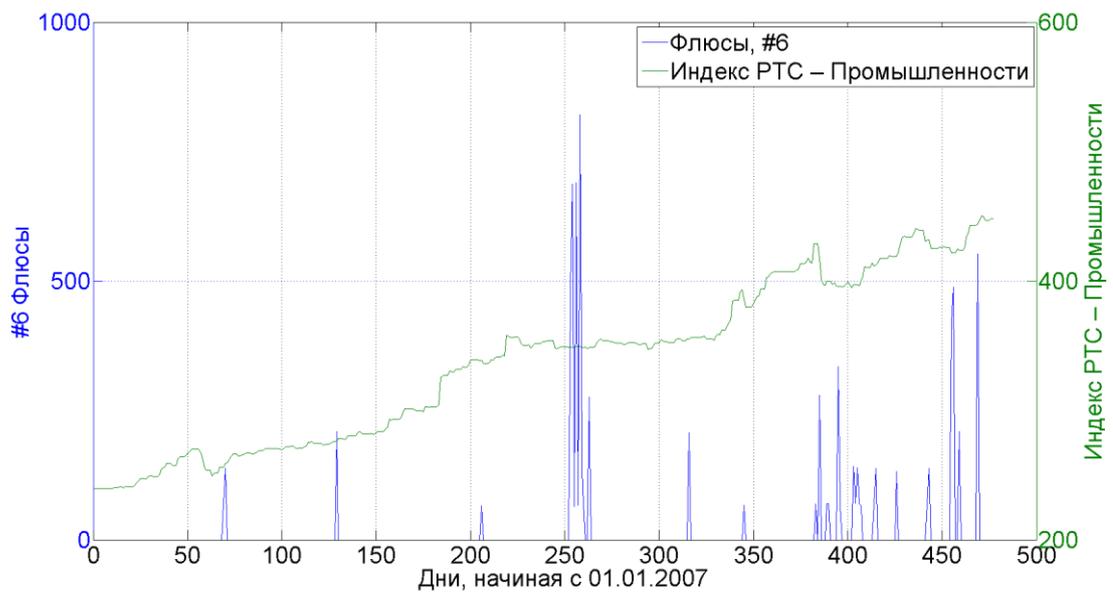


Рис. В.4.5. Тип груза #6 Флюсы - Индекс РТС – Промышленности



Рис. В.4.6. Тип груза #7 Руда железная - Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи



Рис. В.4.7. Тип груза #8 Руда цветная - Индекс РТС – Металлов и добычи



Рис. В.4.8. Тип груза #9 Черные металлы - Индекс РТС – Промышленности

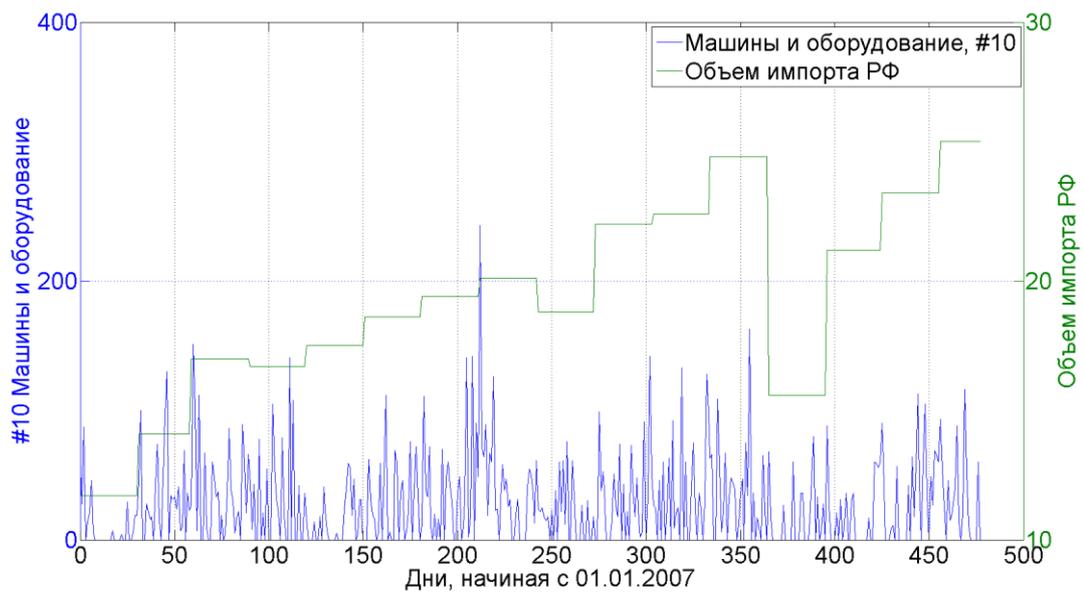


Рис. В.4.9. Тип груза #10 Машины и оборудование - Объем импорта РФ

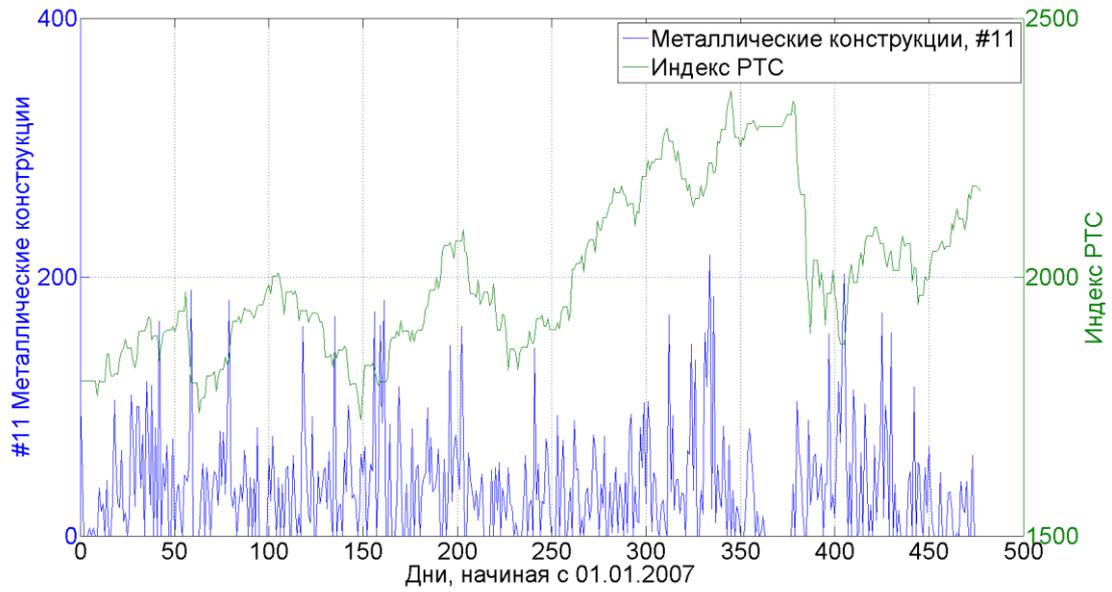


Рис. В.4.10. Тип груза #11 Металлические конструкции - Индекс РТС

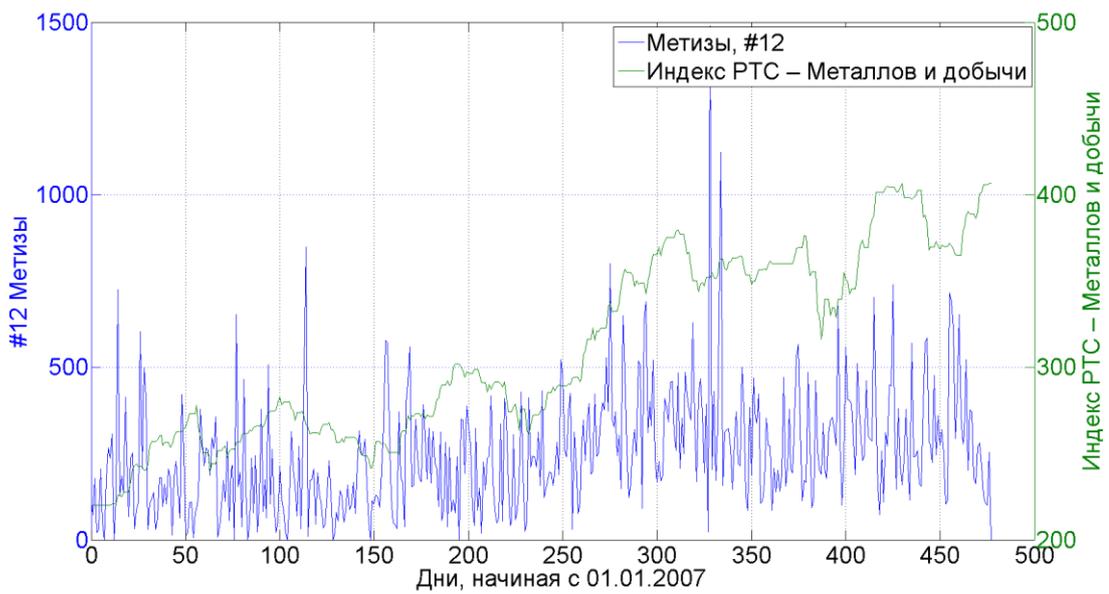


Рис. В.4.11. Тип груза #12 Метизы - Индекс РТС – Металлов и добычи

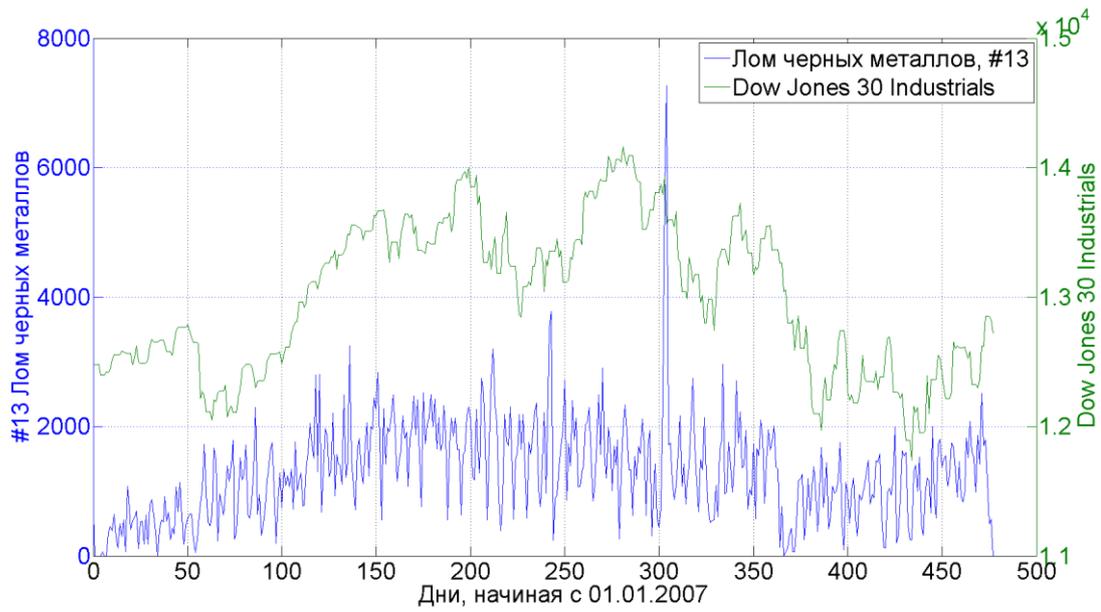


Рис. В.4.12. Тип груза #13 Лом черных металлов - Dow Jones 30 Industrials

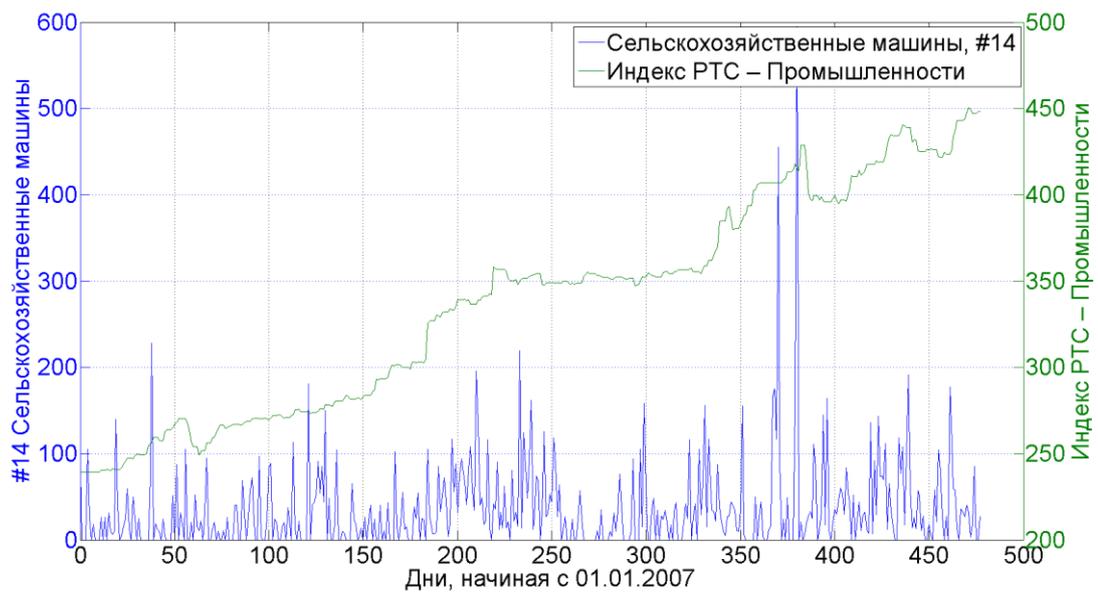


Рис. В.4.13. Тип груза #14 Сельскохозяйственные машины - Индекс РТС – Промышленности

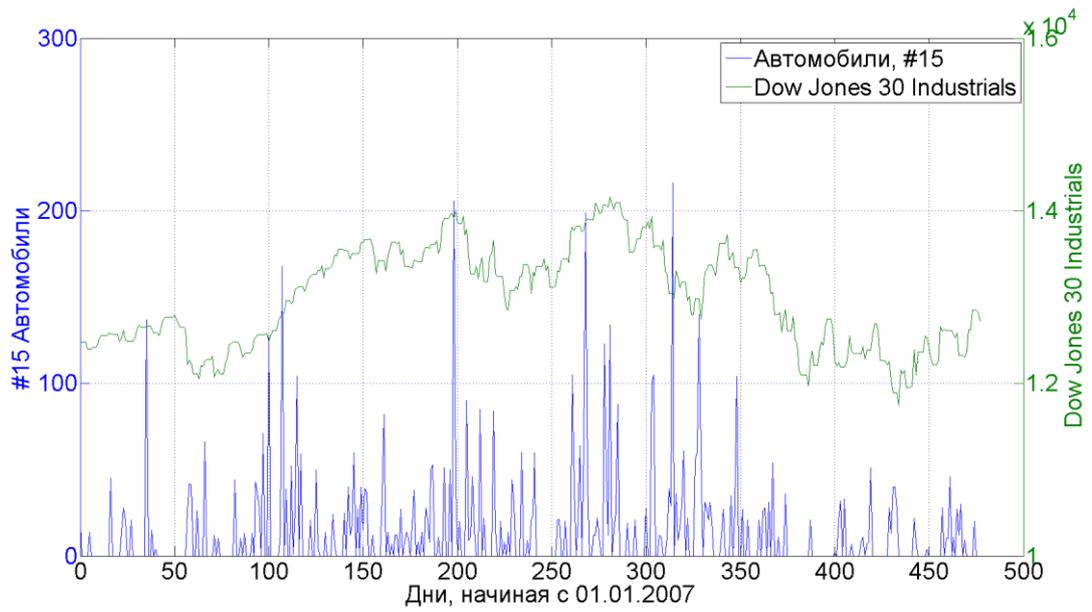


Рис. В.4.14. Тип груза #15 Автомобили - Dow Jones 30 Industrials

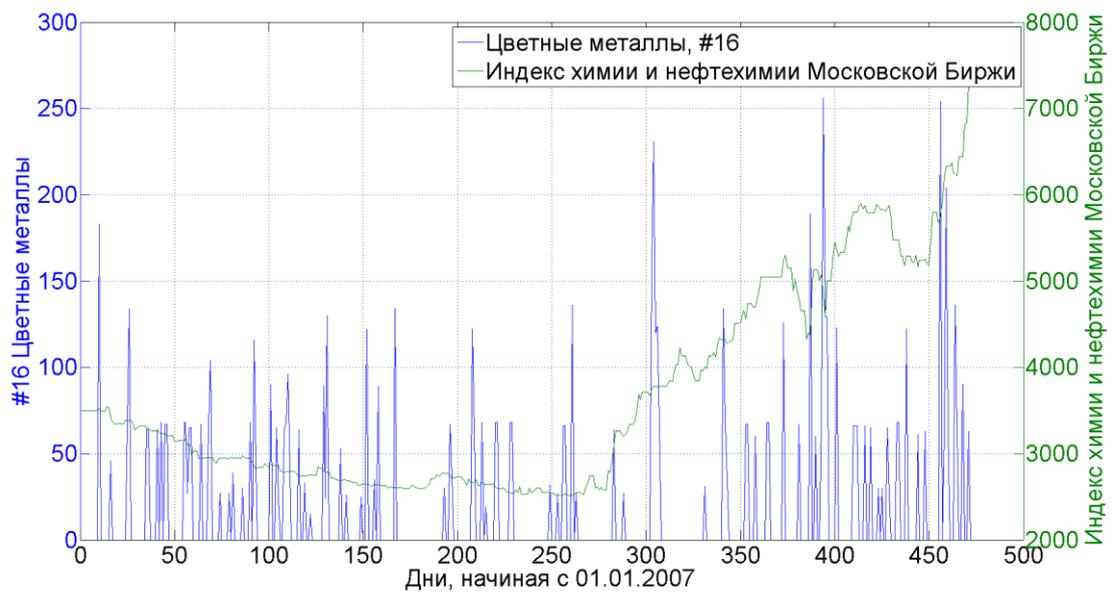


Рис. В.4.15. Тип груза #16 Цветные металлы - Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи



Рис. В.4.16. Тип груза #17 Химические и минеральные удобрения - Индекс РТС

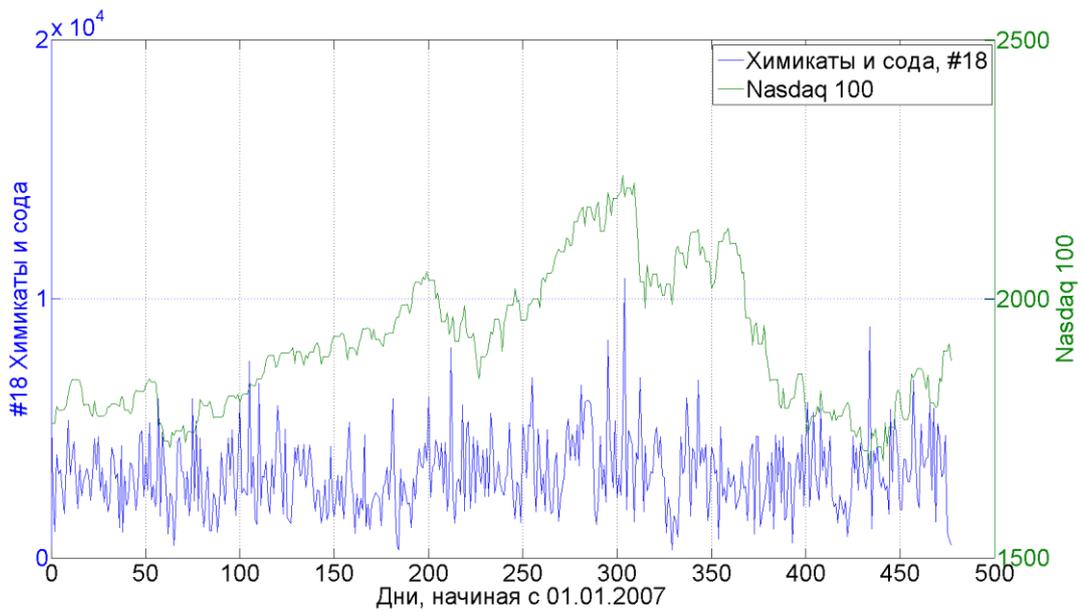


Рис. В.4.17. Тип груза #18 Химикаты и сода - Nasdaq 100



Рис. В.4.18. Тип груза #19 Строительные грузы - Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи

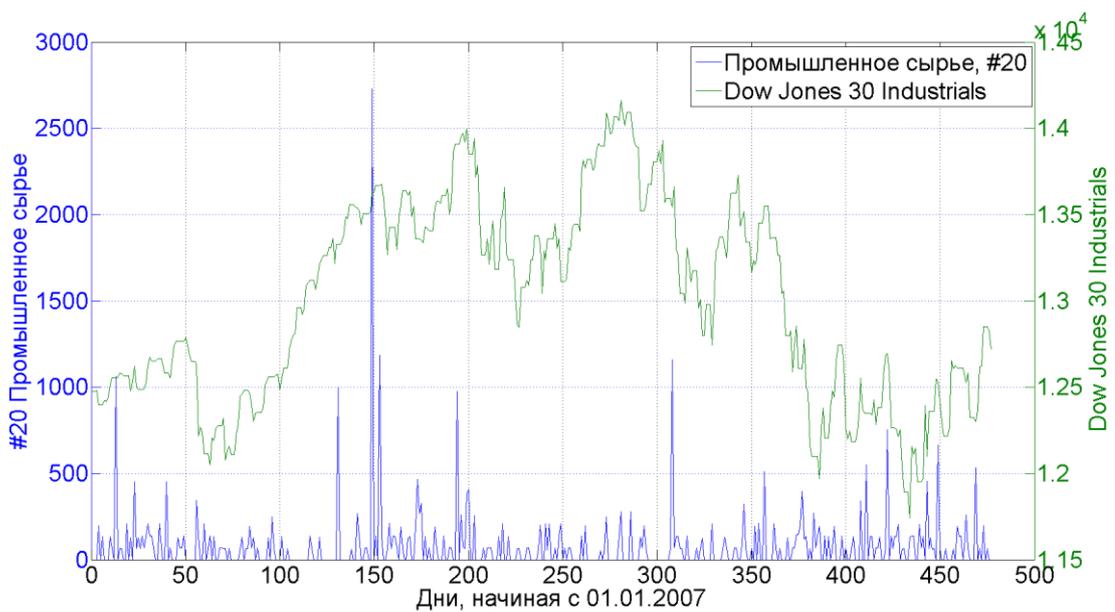


Рис. В.4.19. Тип груза #20 Промышленное сырье - Dow Jones 30 Industrials

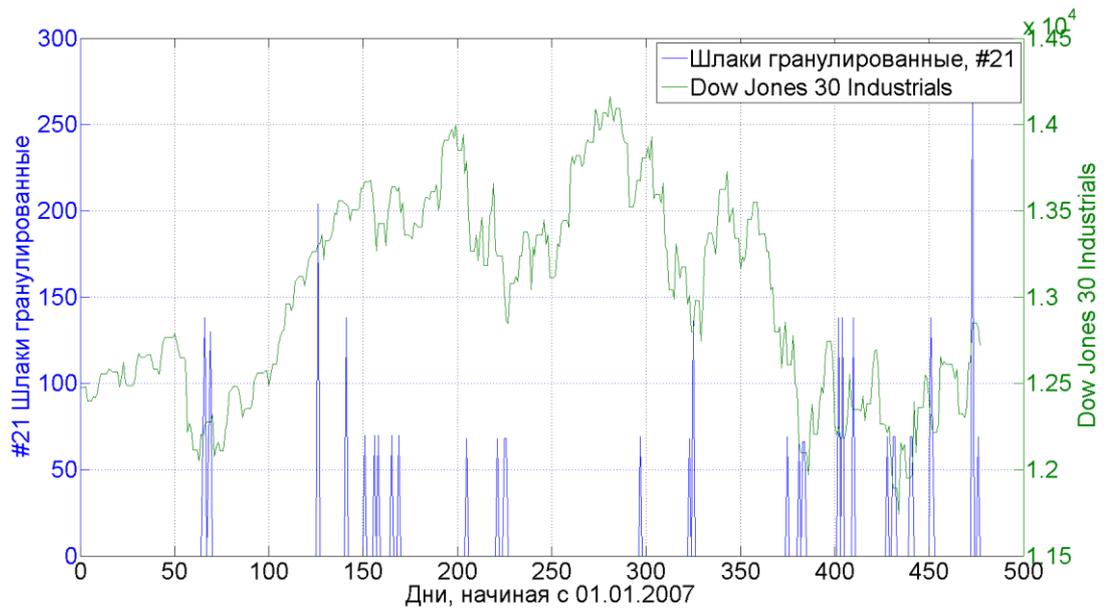


Рис. В.4.20. Тип груза #21 Шлаки гранулированные - Dow Jones 30 Industrials

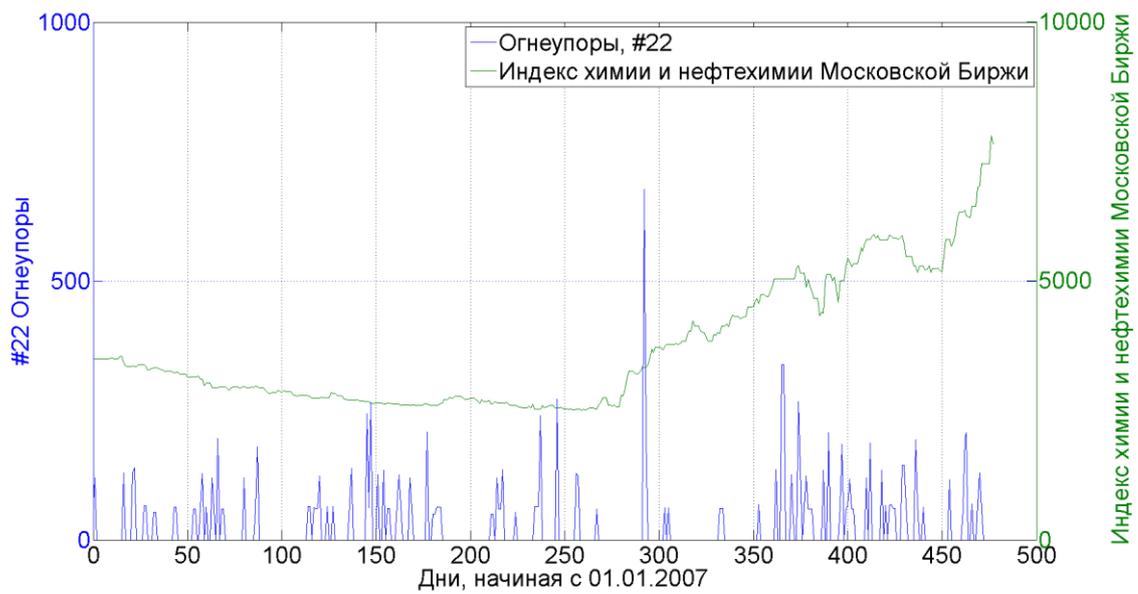


Рис. В.4.21. Тип груза #22 Огнеупоры - Индекс химии и нефтехимии Московской  
Биржи

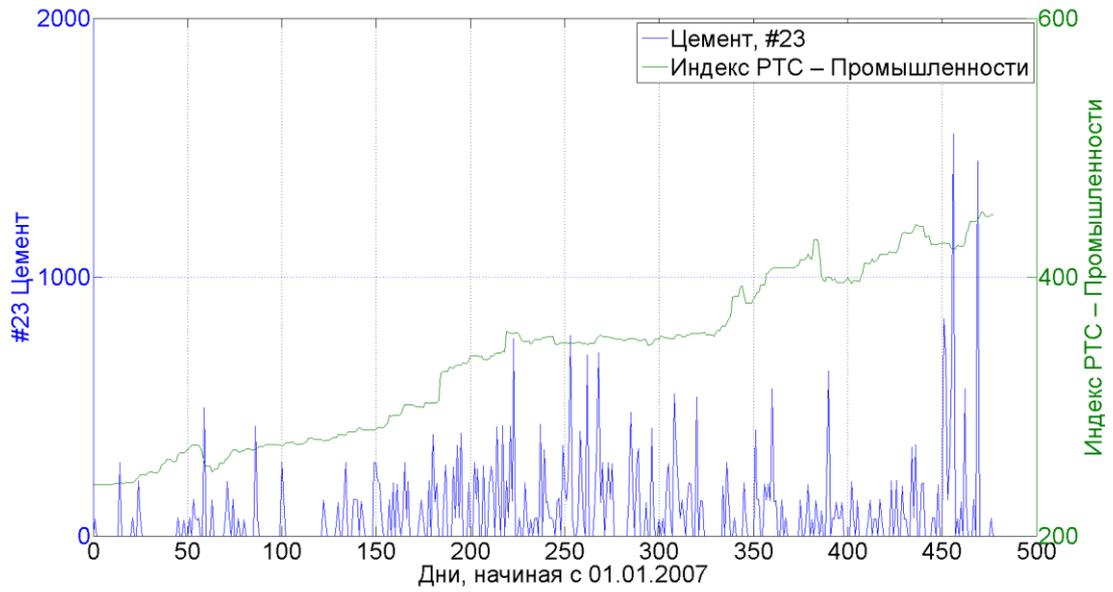


Рис. В.4.22. Тип груза #23 Цемент - Индекс РТС – Промышленности

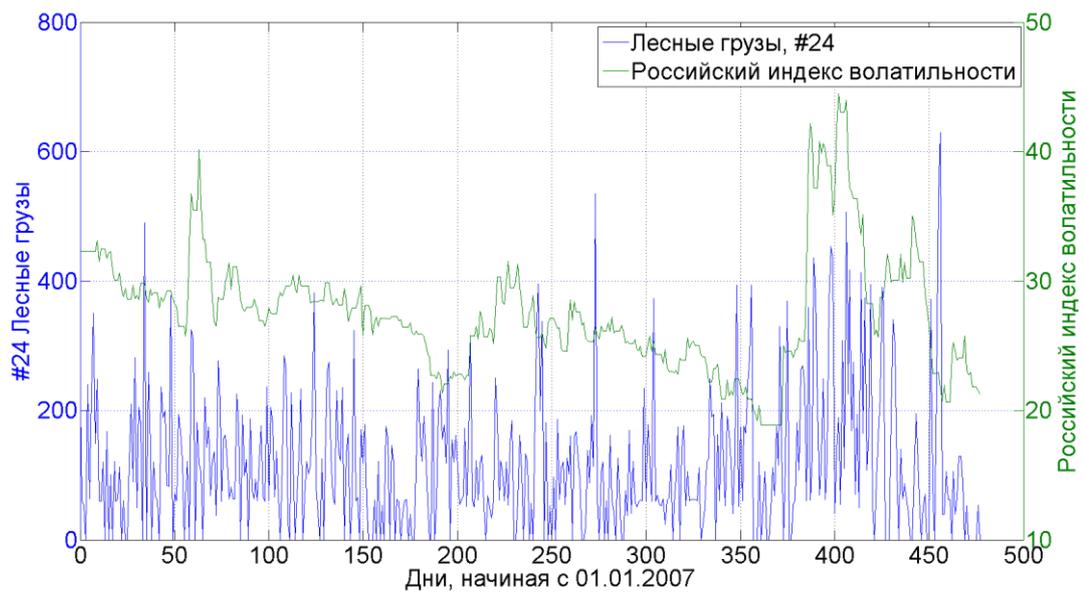


Рис. В.4.23. Тип груза #24 Лесные грузы - Российский индекс волатильности

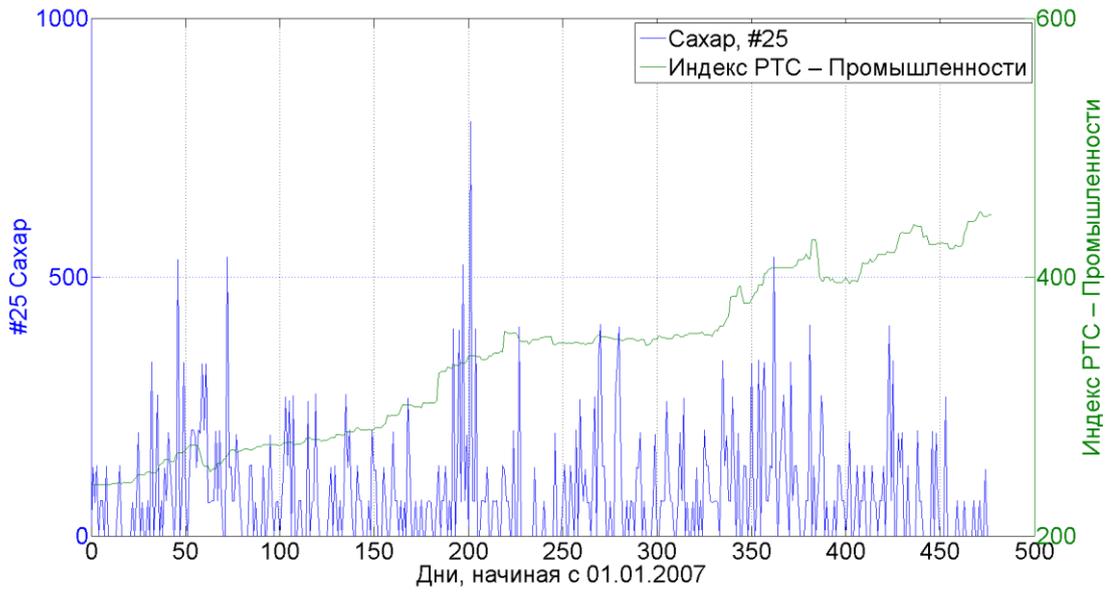


Рис. В.4.24. Тип груза #25 Сахар - Индекс РТС – Промышленности

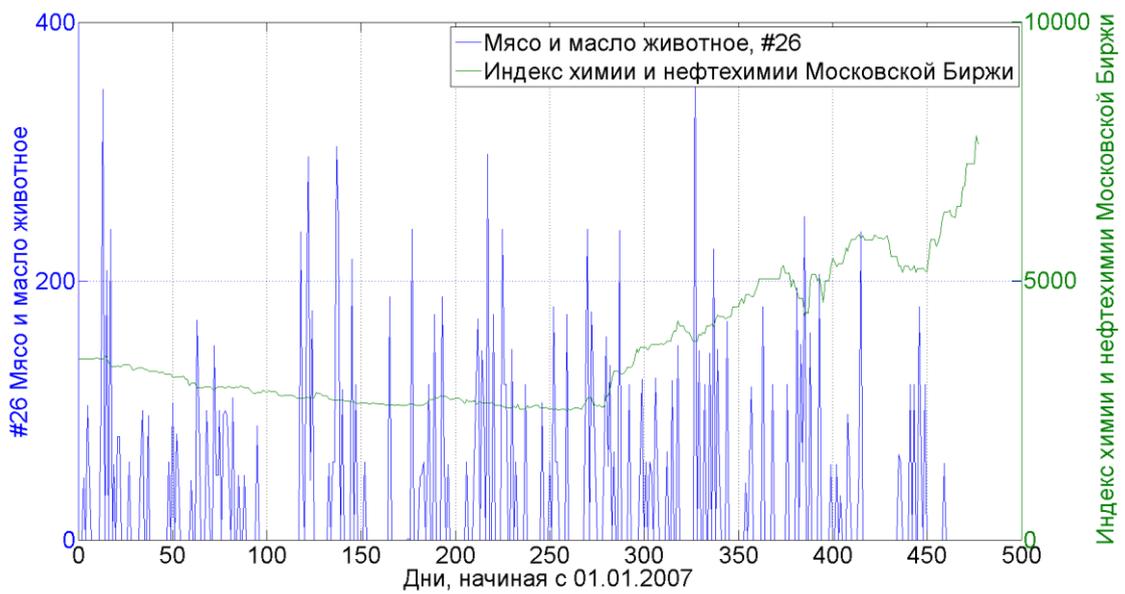


Рис. В.4.25. Тип груза #26 Мясо и масло животное - Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи

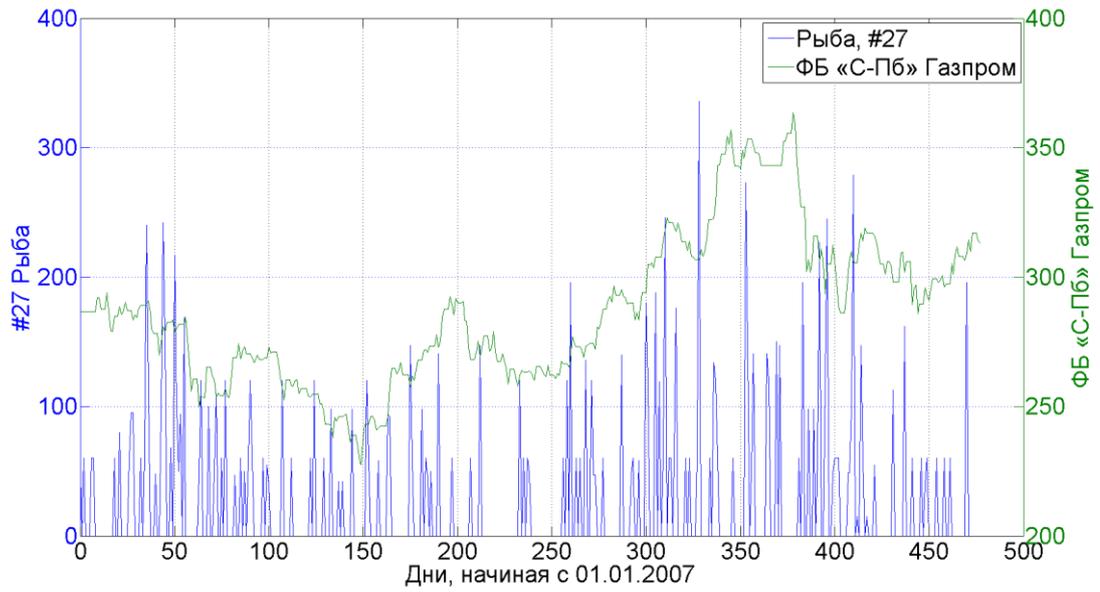


Рис. В.4.26. Тип груза #27 Рыба - ФБ «С-Пб» Газпром

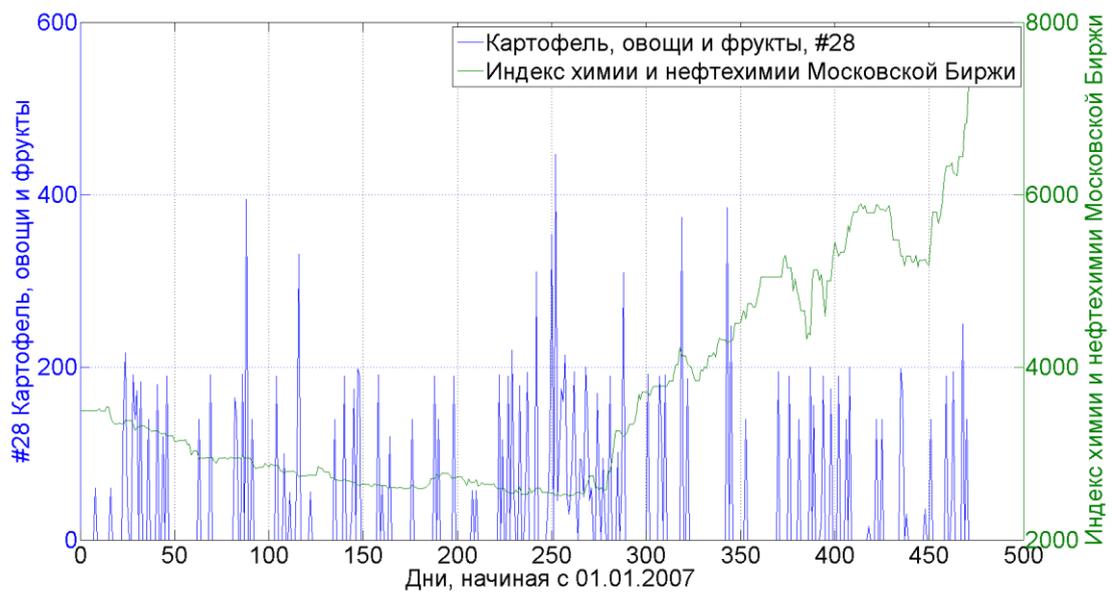


Рис. В.4.27. Тип груза #28 Картофель, овощи и фрукты - Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи

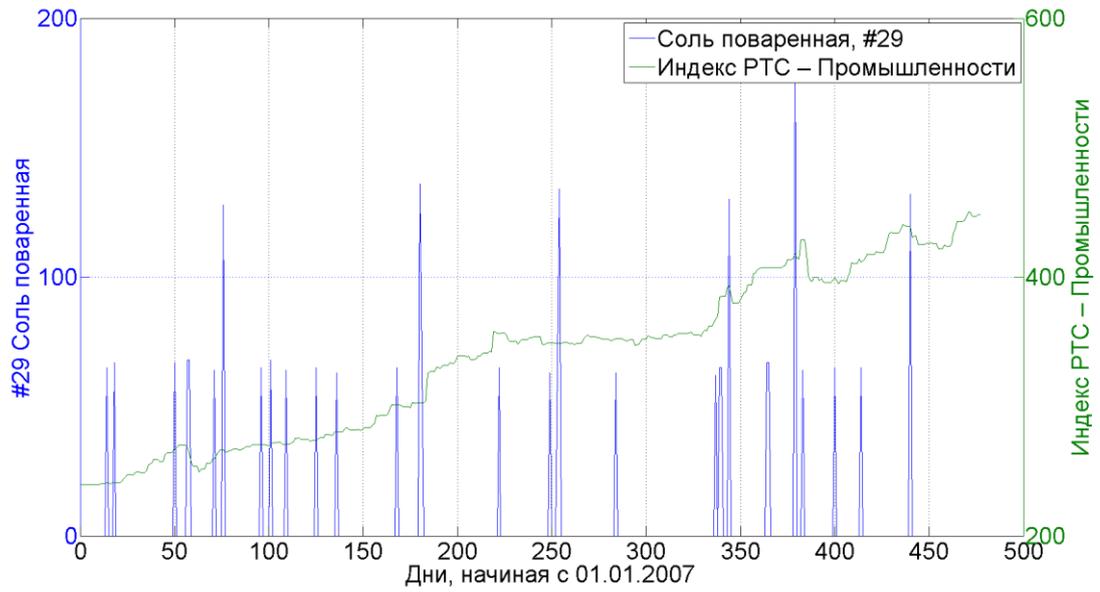


Рис. В.4.28. Тип груза #29 Соль поваренная - Индекс РТС – Промышленности

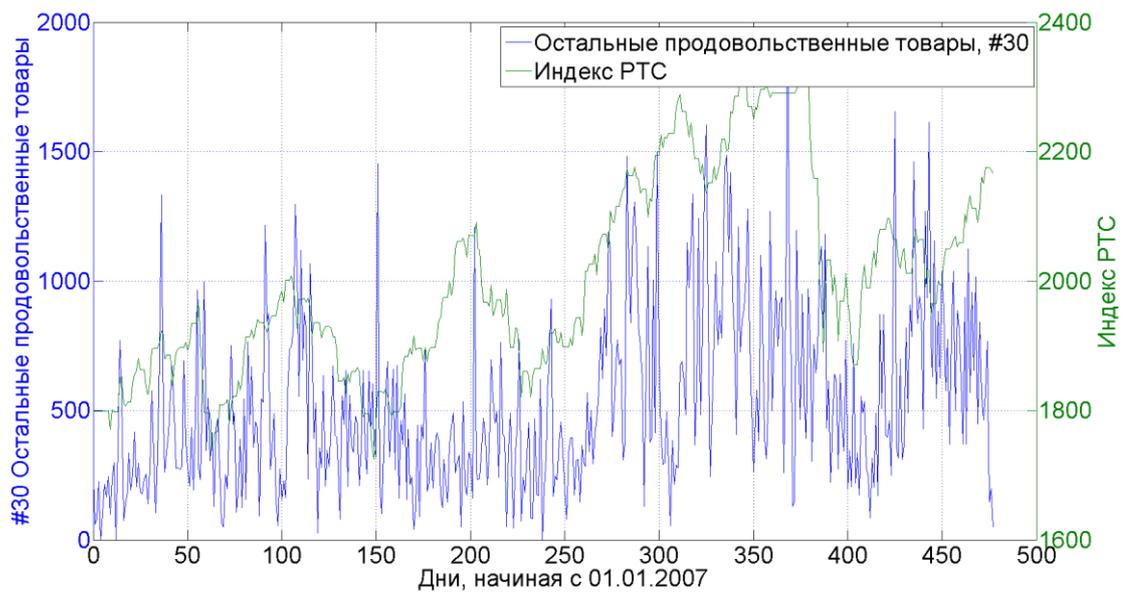


Рис. В.4.29. Тип груза #30 Остальные продовольственные товары - Индекс РТС



Рис. В.4.30. Тип груза #31 Промышленные товары народного потребления - Nasdaq

100

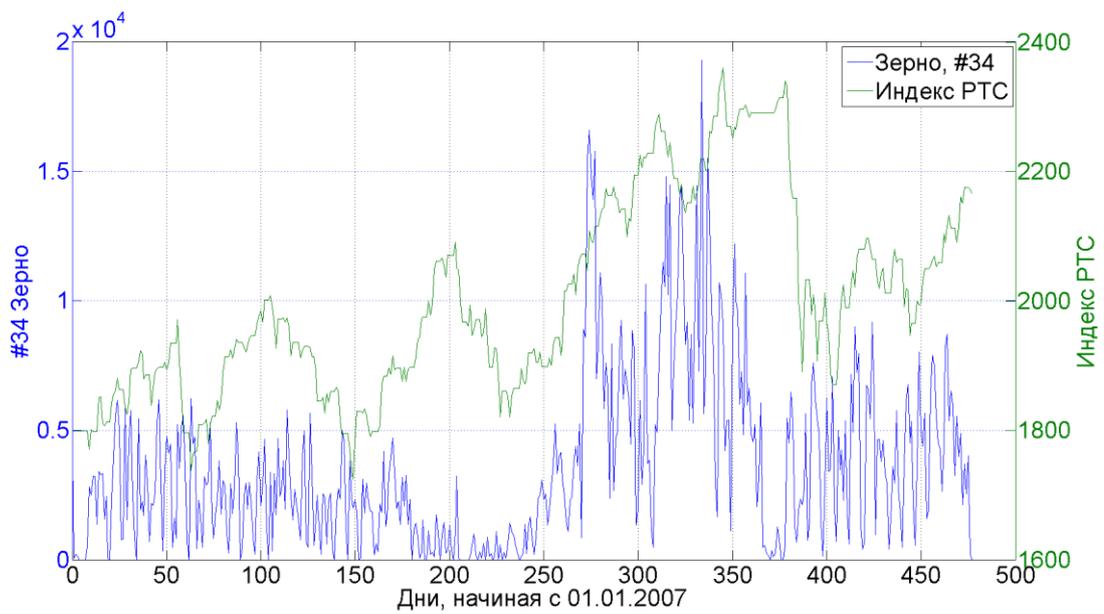


Рис. В.4.31. Тип груза #34 Зерно - Индекс РТС

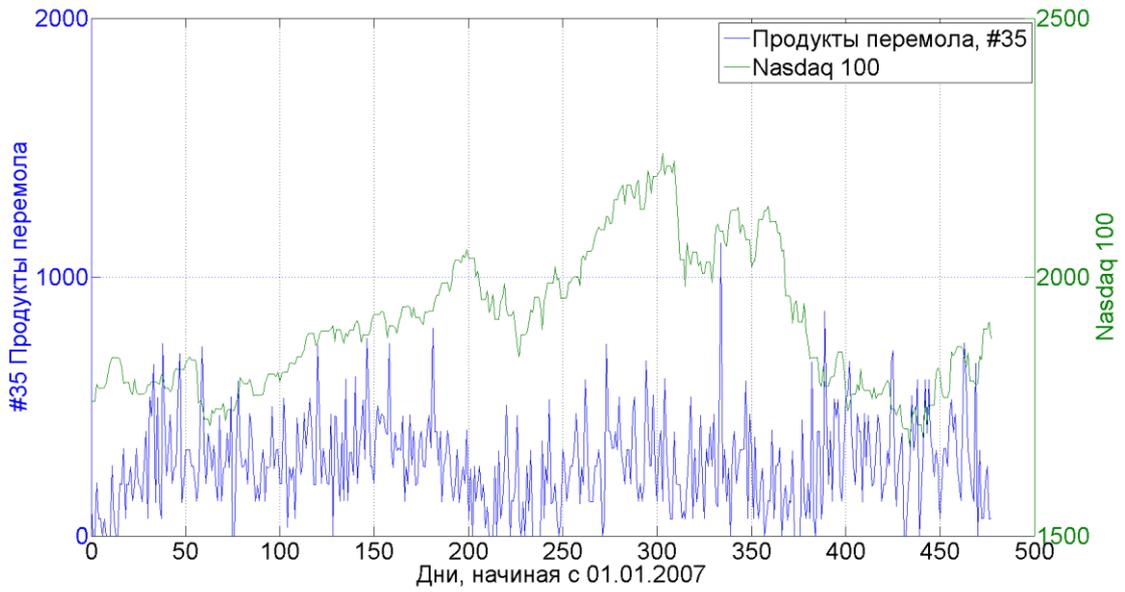


Рис. В.4.32. Тип груза #35 Продукты перемола - Nasdaq 100

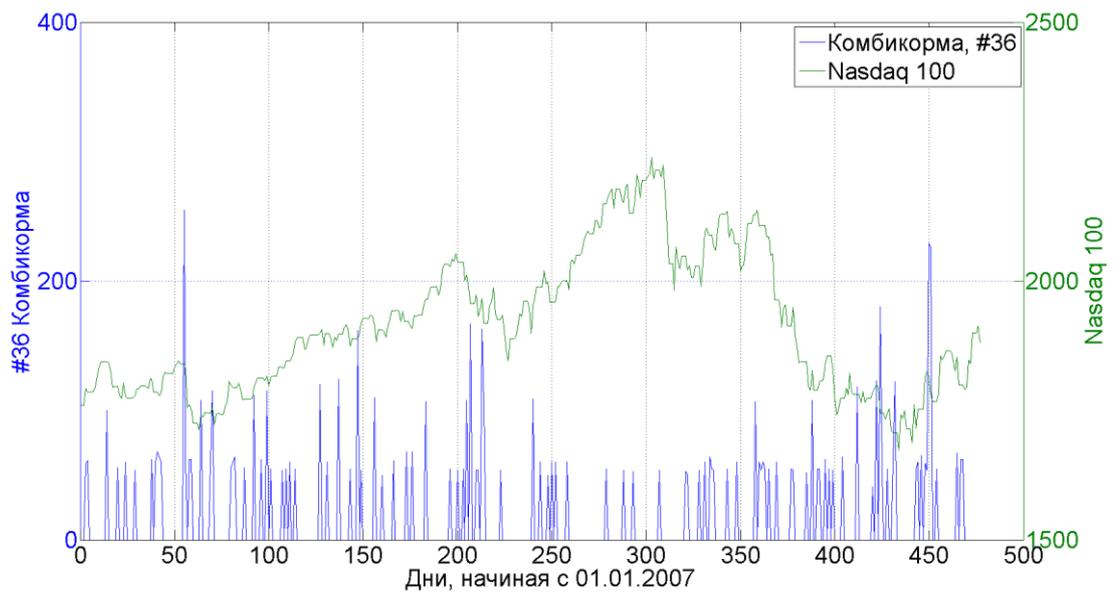


Рис. В.4.33. Тип груза #36 Комбикорма - Nasdaq 100

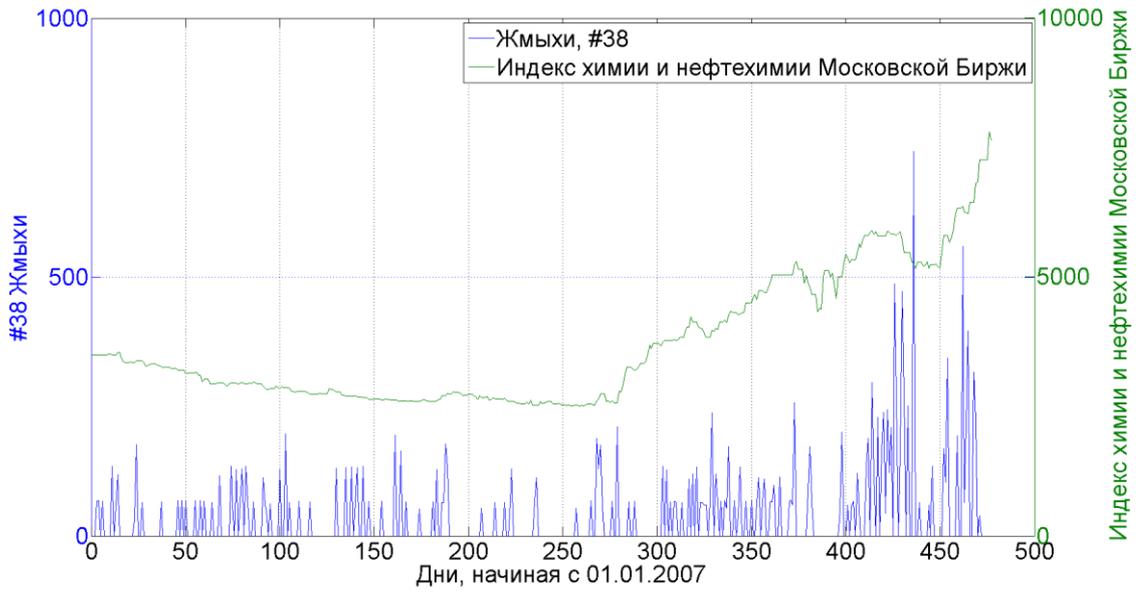


Рис. В.4.34. Тип груза #38 Жмыхи - Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи

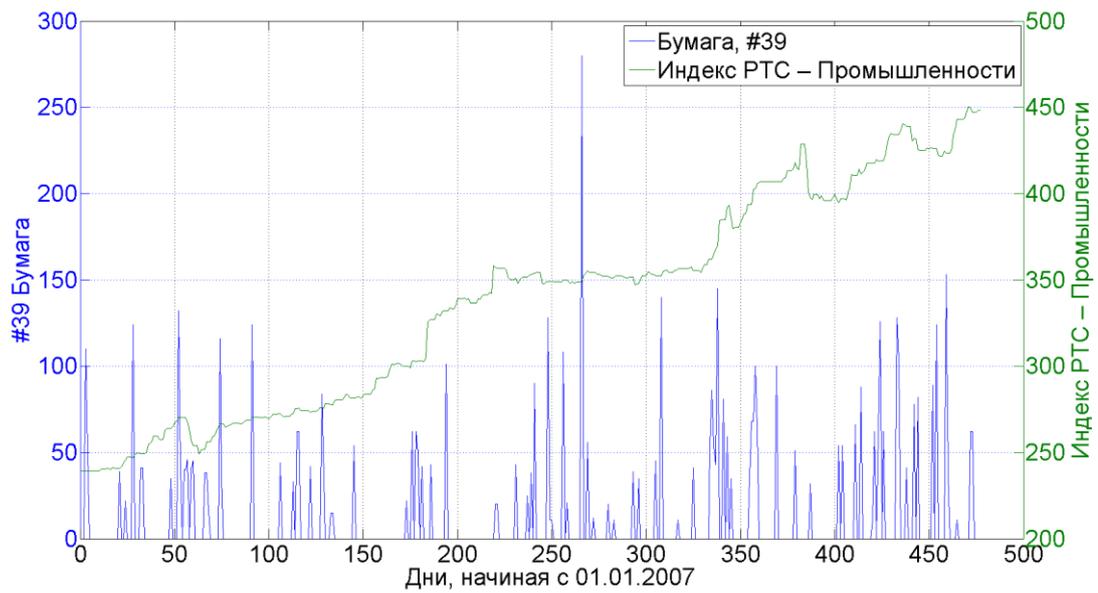


Рис. В.4.35. Тип груза #39 Бумага - Индекс РТС – Промышленности

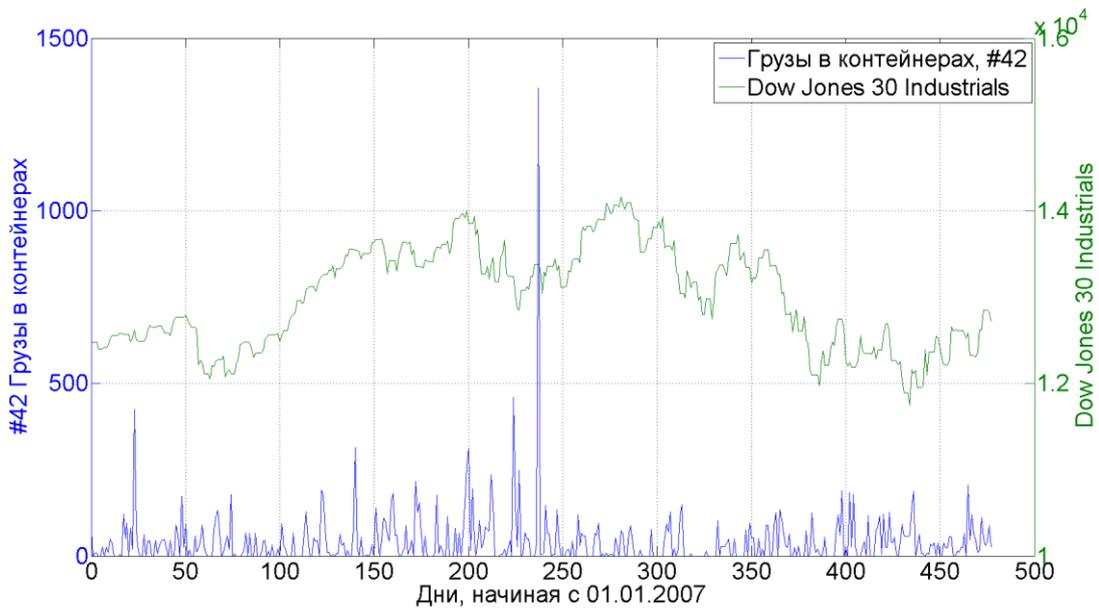


Рис. В.4.36. Тип груза #42 Грузы в контейнерах - Dow Jones 30 Industrials



Рис. В.4.37. Тип груза #43 Остальные и сборные грузы - Индекс химии и нефтехимии Московской Биржи

4) Графики прогнозов временных рядов совместно с прогнозируемыми временными рядам представлены на рис. В.4.38 – В.4.73. На рис. В.4.38 – В.4.73 синим цветом отложен график исходного временного ряда для данного типа груза, красным, зеленым, бирюзовым и фиолетовым цветами – прогноз временного ряда, полученные различными алгоритмами, по оси абсцисс – отсчеты временного ряда в днях, по оси ординат – значения исходного временного ряда (синим цветом) и значения прогноза временного ряда, полученные различными алгоритмами (красный, зеленый, бирюзовый и фиолетовый соответственно).

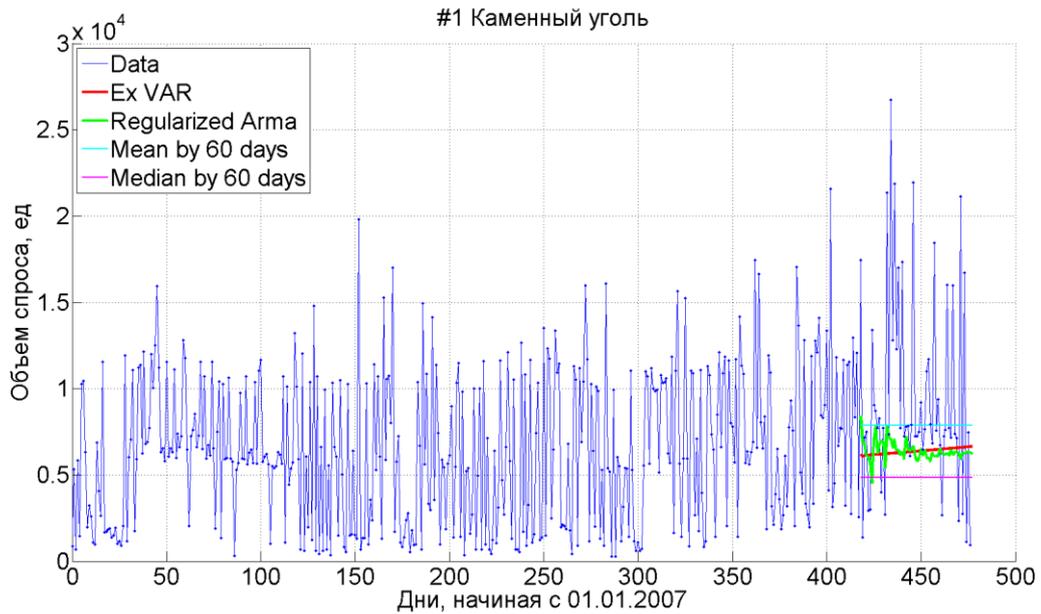


Рис. В.4.38. Тип груза #1 Каменный уголь - Прогноз

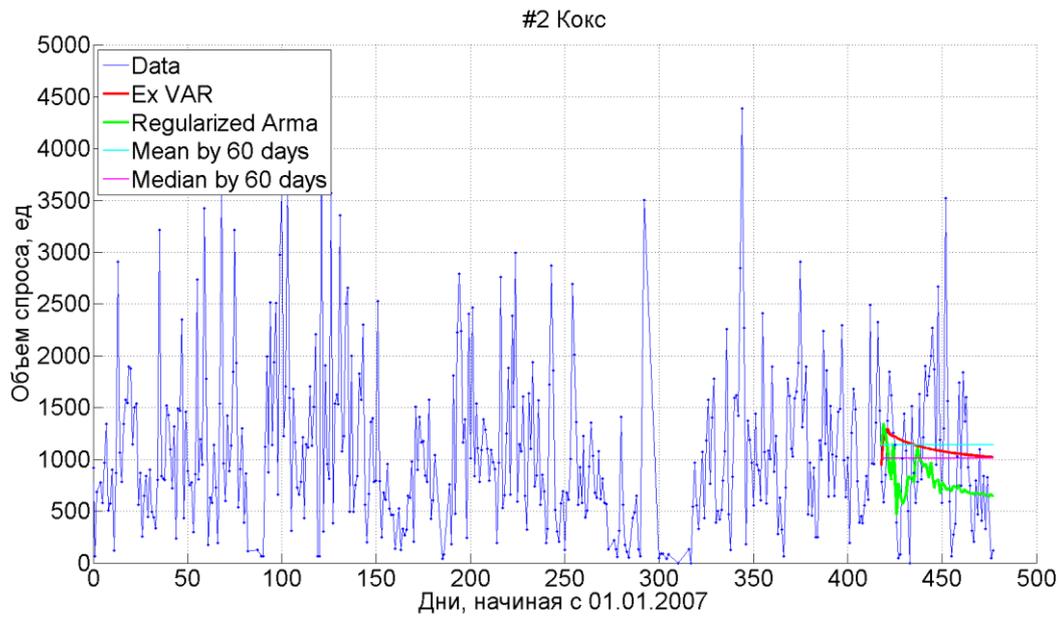


Рис. В.4.39. Тип груза #2 Кокс - Прогноз

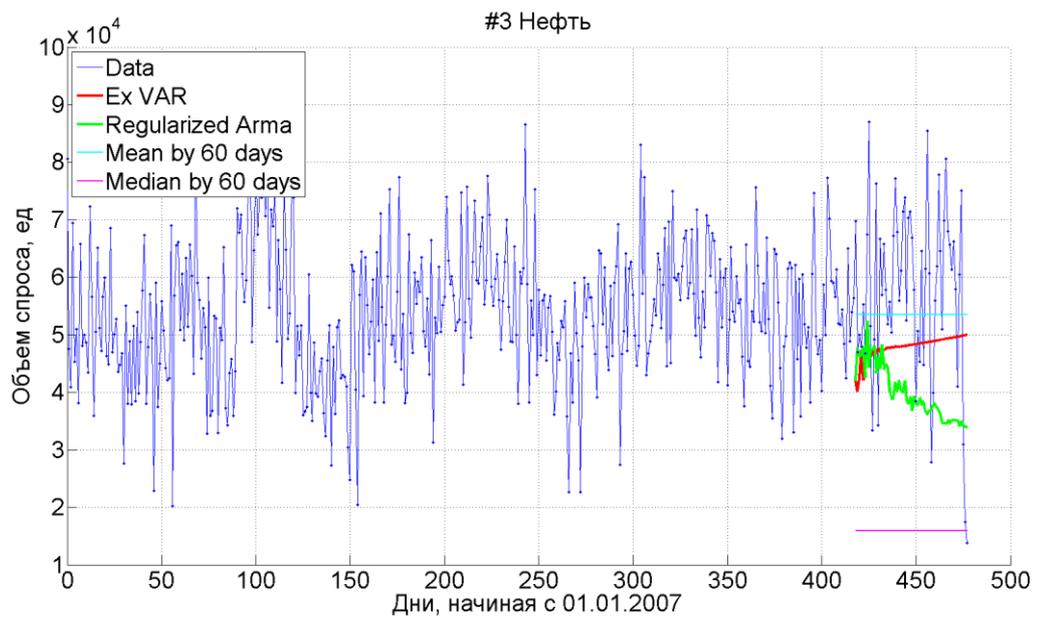


Рис. В.4.40. Тип груза #3 Нефть - Прогноз

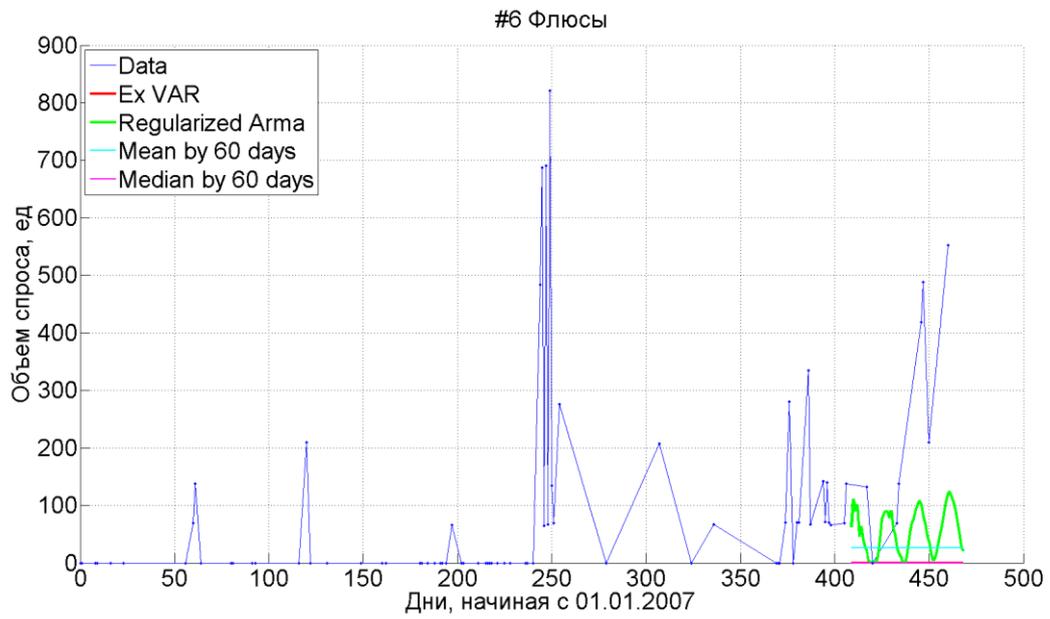


Рис. В.4.41. Тип груза #6 Флюсы - Прогноз

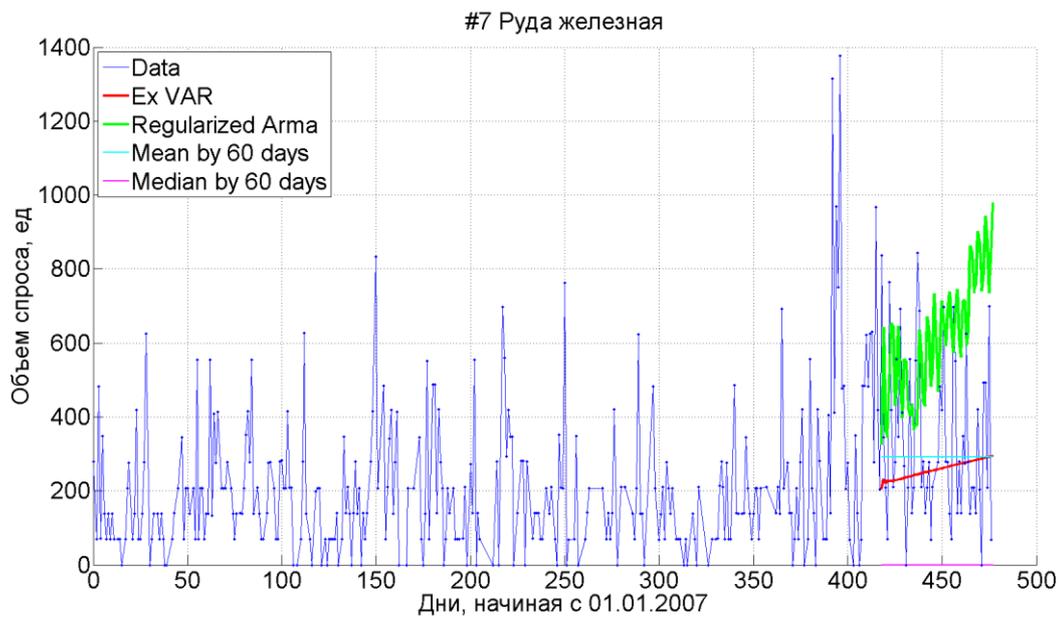


Рис. В.4.42. Тип груза #7 Руда железная - Прогноз

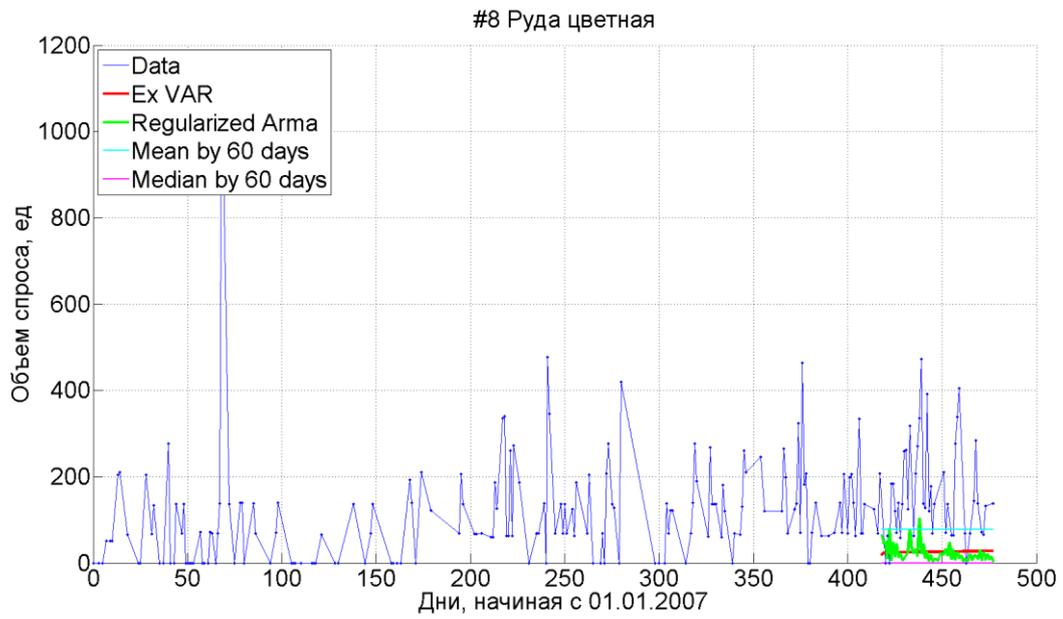


Рис. В.4.43. Тип груза #8 Руда цветная - Прогноз

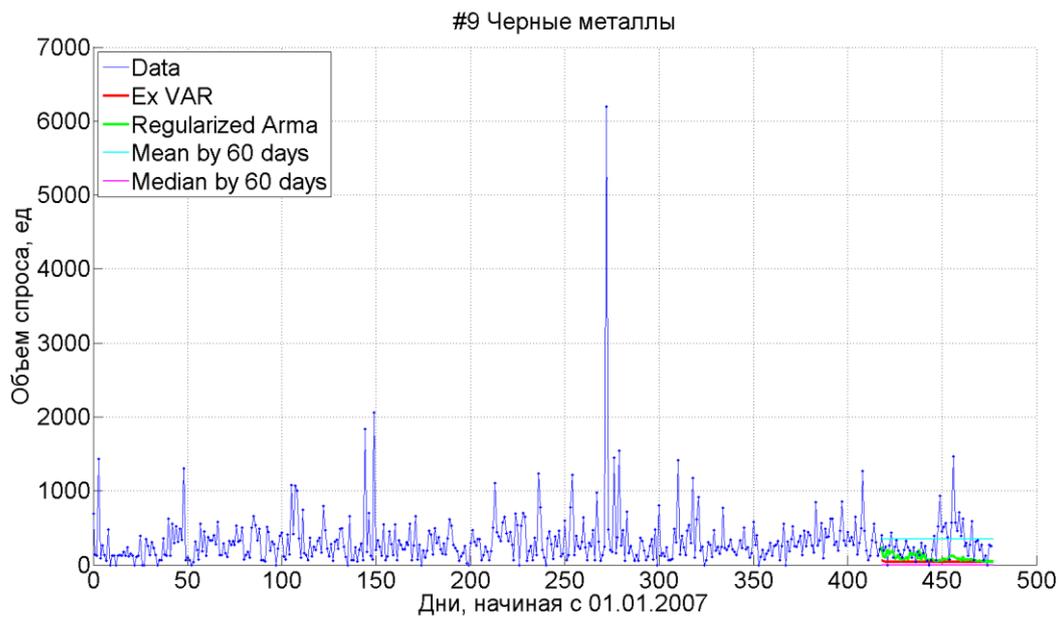


Рис. В.4.44. Тип груза #9 Черные металлы - Прогноз

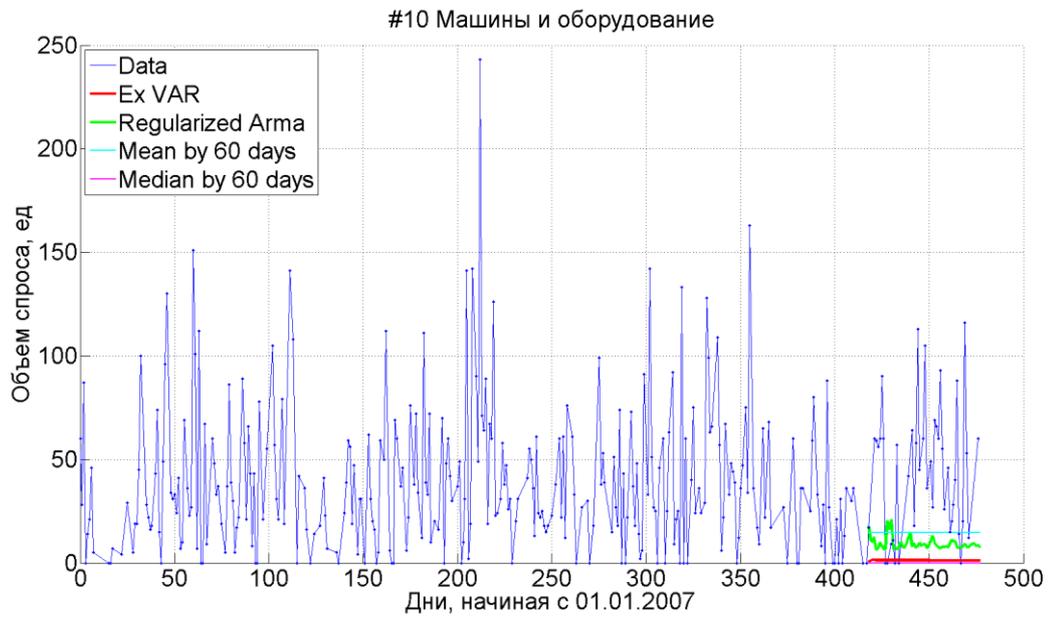


Рис. В.4.45. Тип груза #10 Машины и оборудование - Прогноз

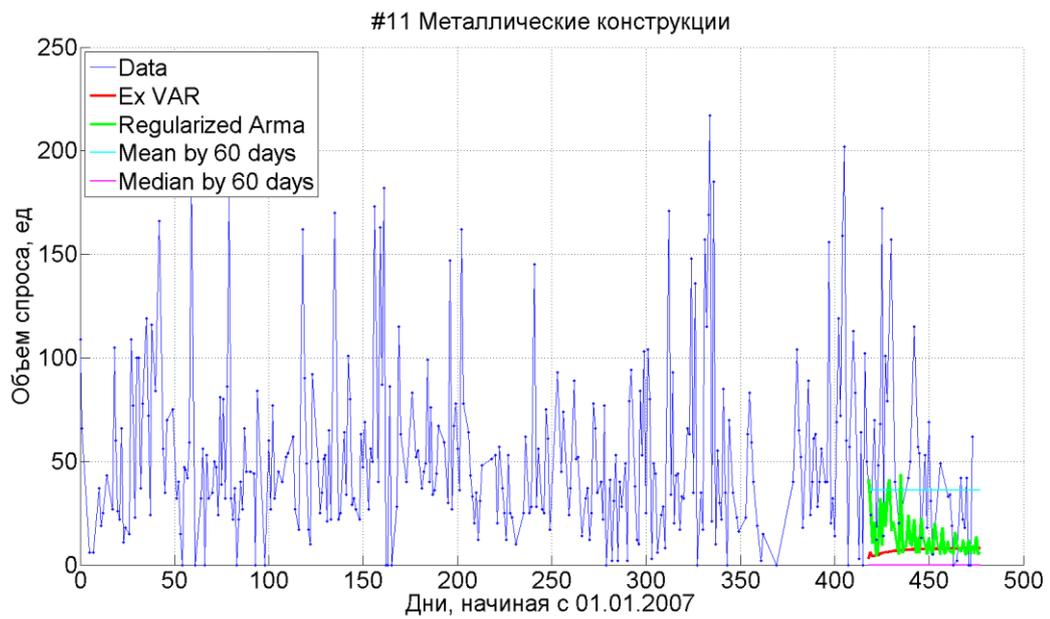


Рис. В.4.46. Тип груза #11 Металлические конструкции - Прогноз

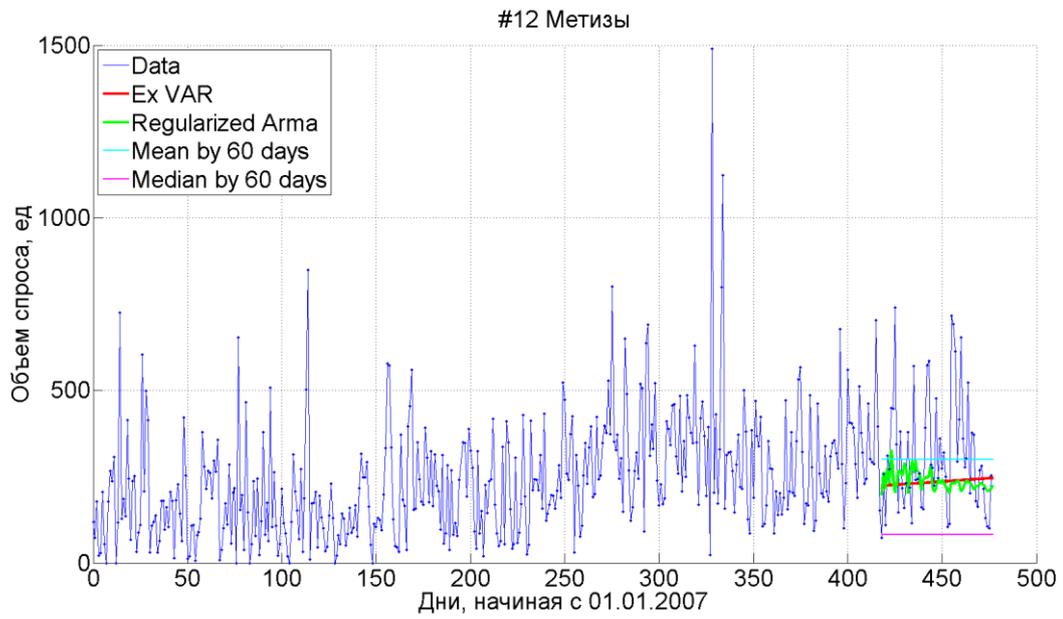


Рис. В.4.47. Тип груза #12 Метизы - Прогноз

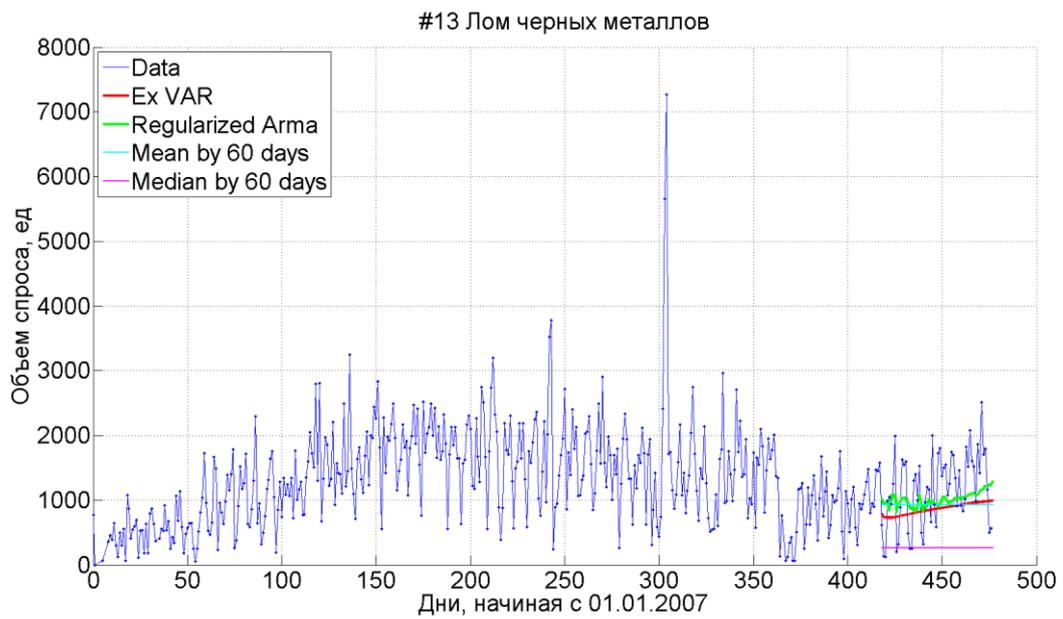


Рис. В.4.48. Тип груза #13 Лом черных металлов - Прогноз

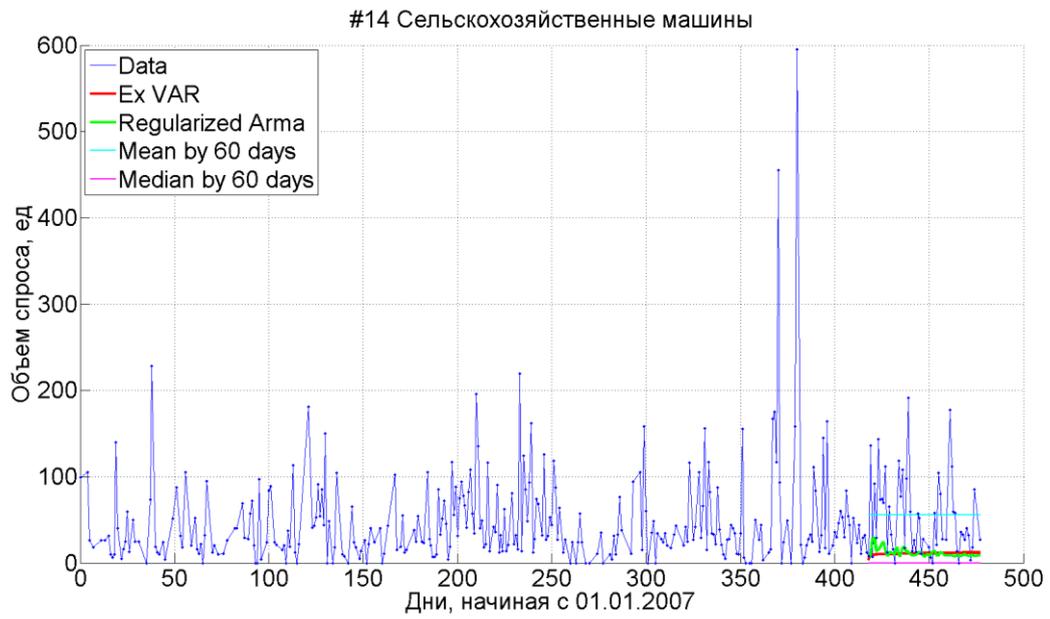


Рис. В.4.49. Тип груза #14 Сельскохозяйственные машины - Прогноз

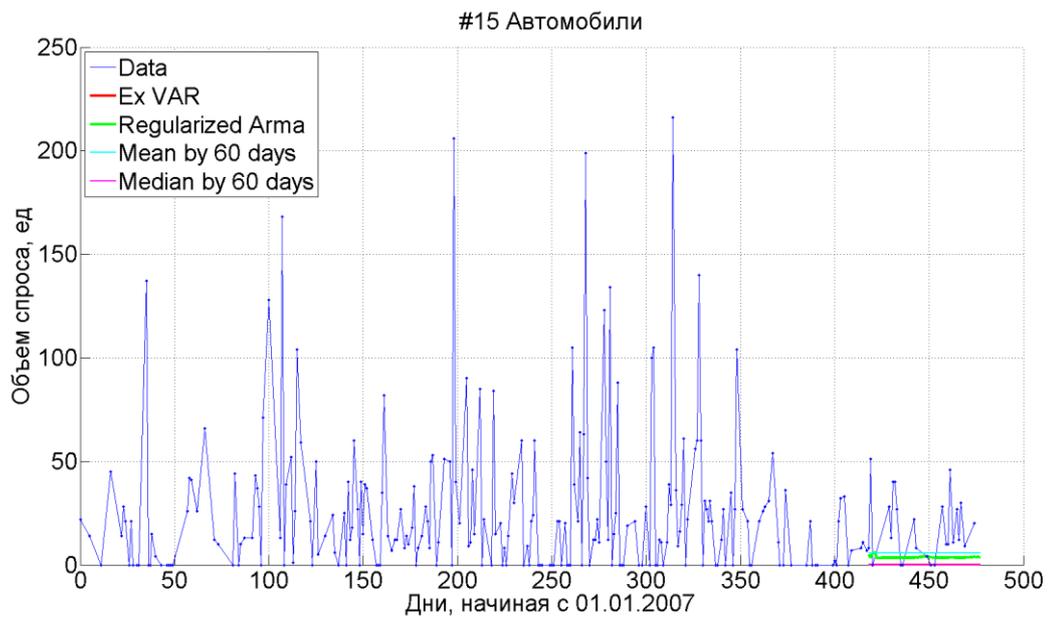


Рис. В.4.50. Тип груза #15 Автомобили - Прогноз

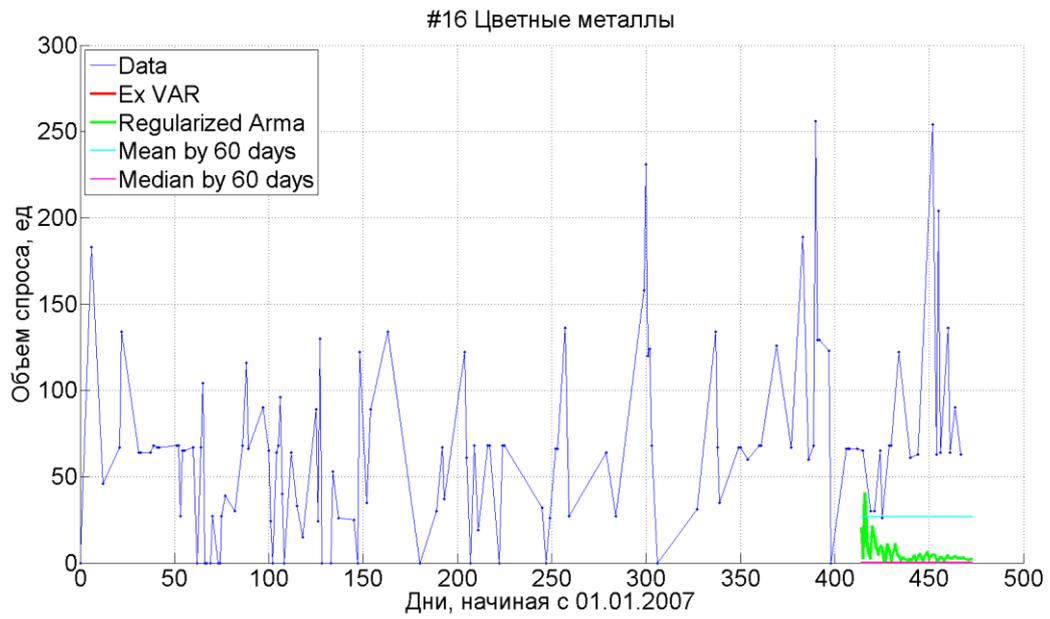


Рис. В.4.51. Тип груза #16 Цветные металлы - Прогноз

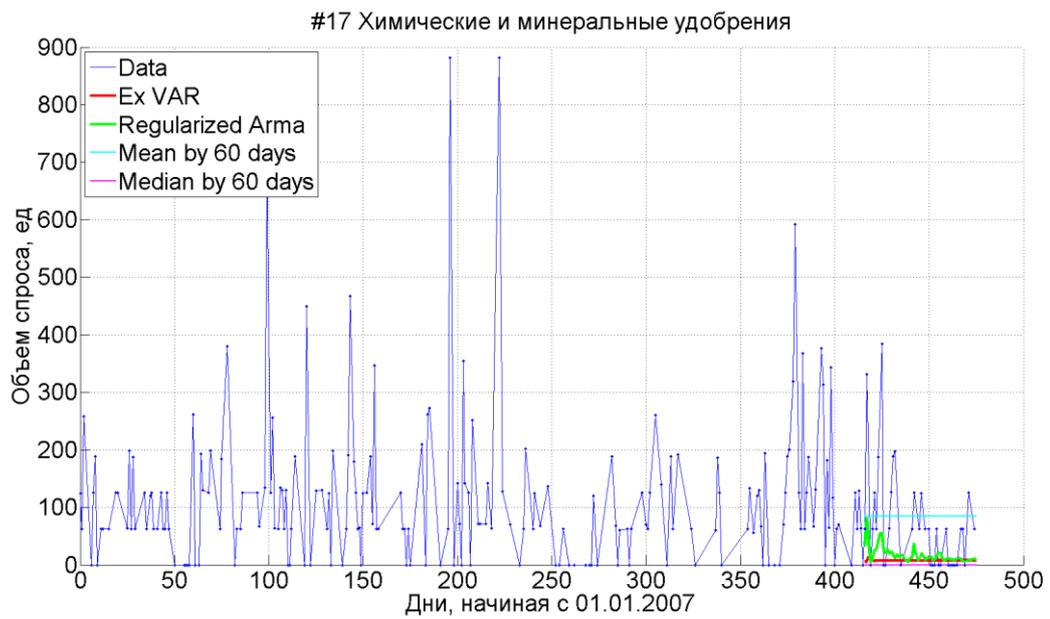


Рис. В.4.52. Тип груза #17 Химические и минеральные удобрения - Прогноз

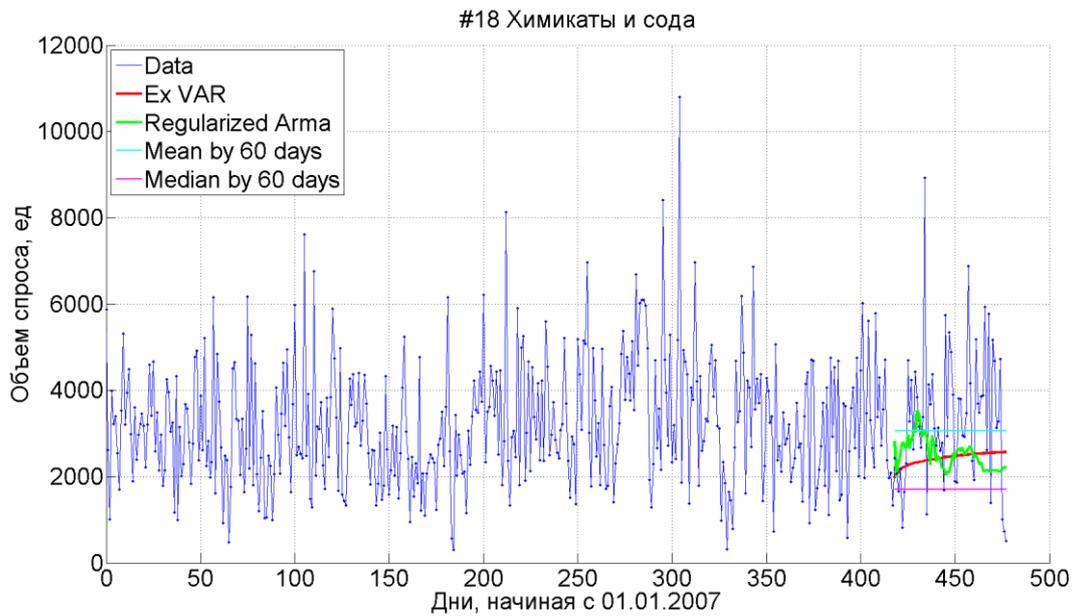


Рис. В.4.53. Тип груза #18 Химикаты и сода - Прогноз

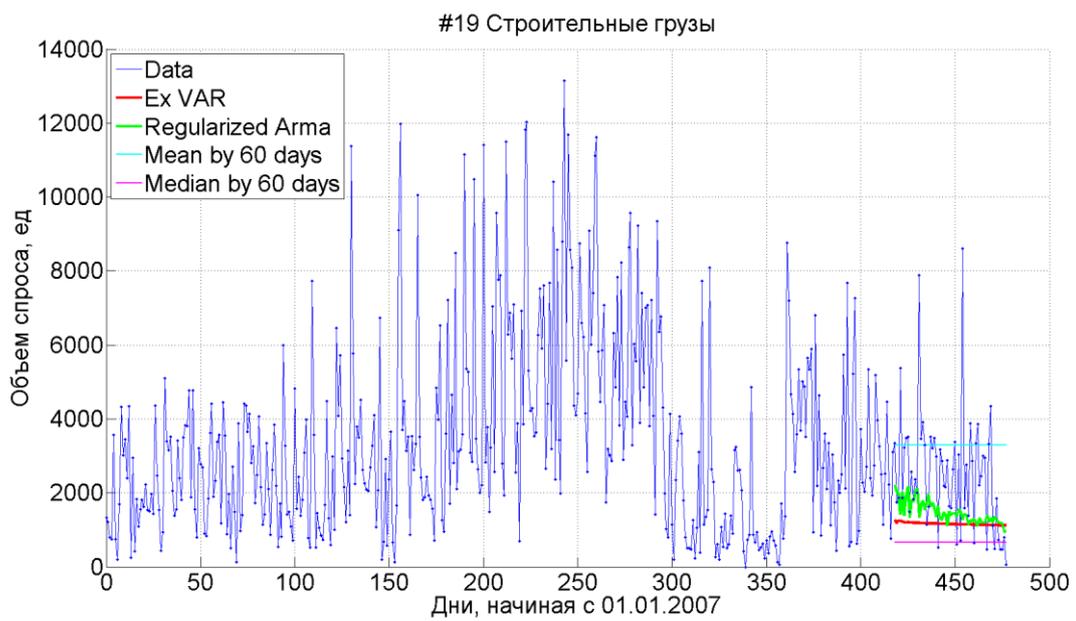


Рис. В.4.54. Тип груза #19 Строительные грузы - Прогноз

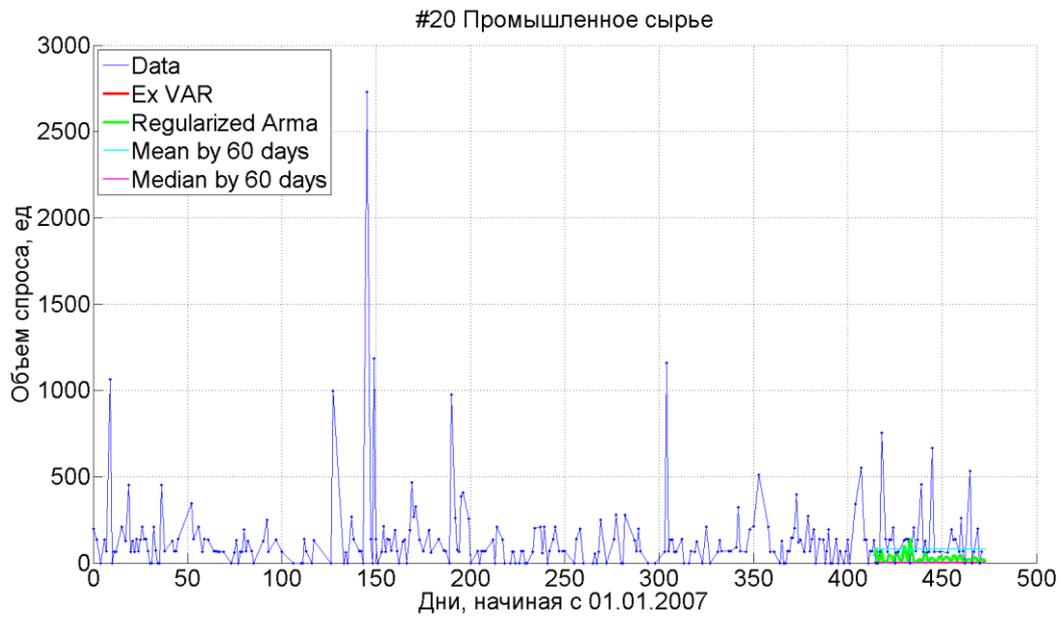


Рис. В.4.55. Тип груза #20 Промышленное сырье - Прогноз



Рис. В.4.56. Тип груза #21 Шлаки гранулированные - Прогноз

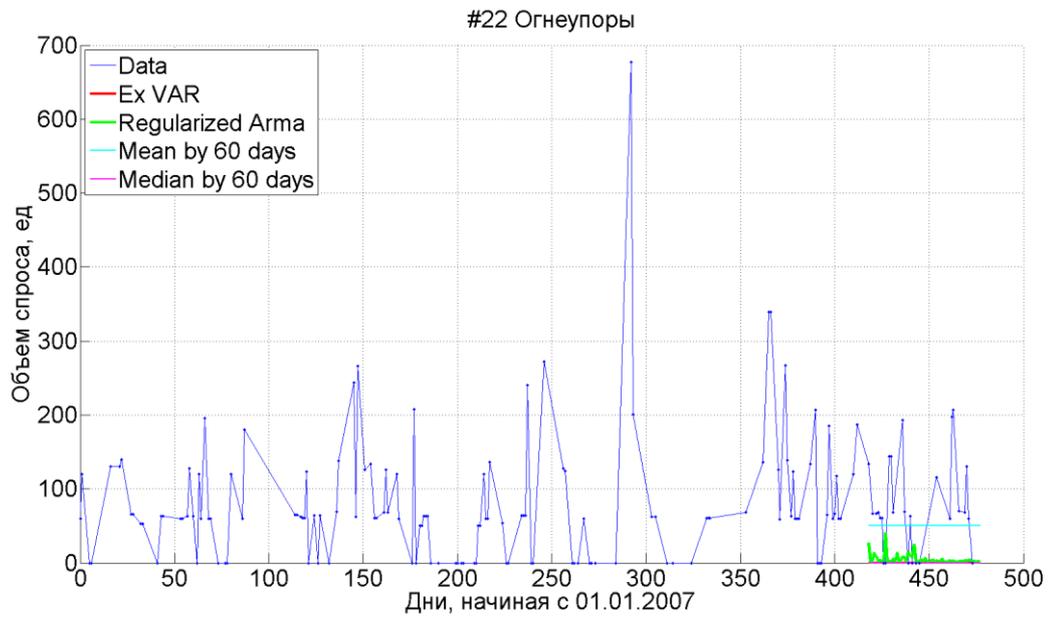


Рис. В.4.57. Тип груза #22 Огнеупоры - Прогноз

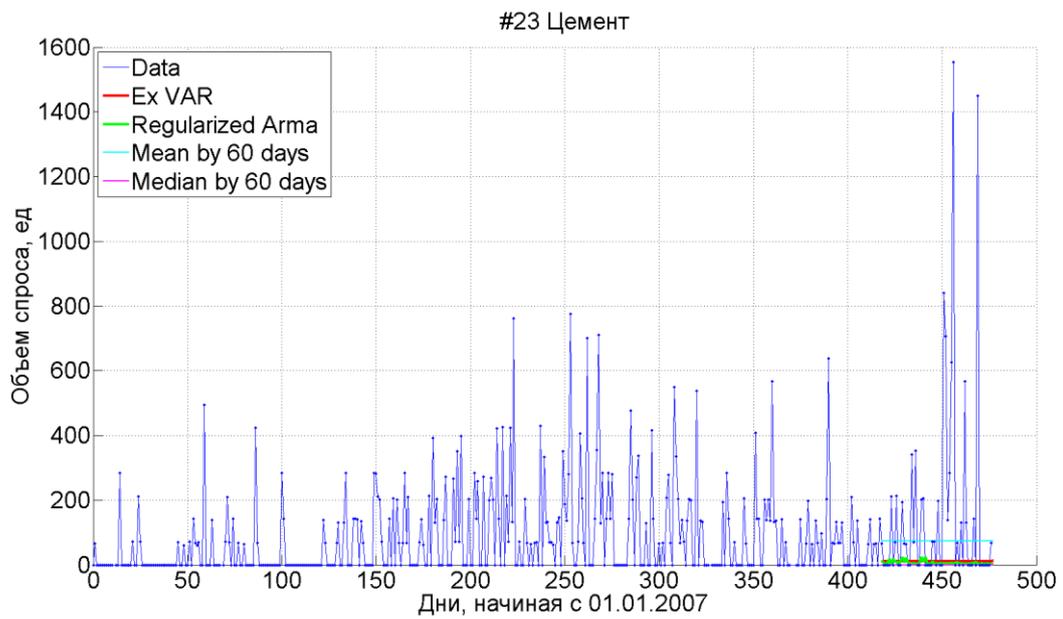


Рис. В.4.58. Тип груза #23 Цемент - Прогноз

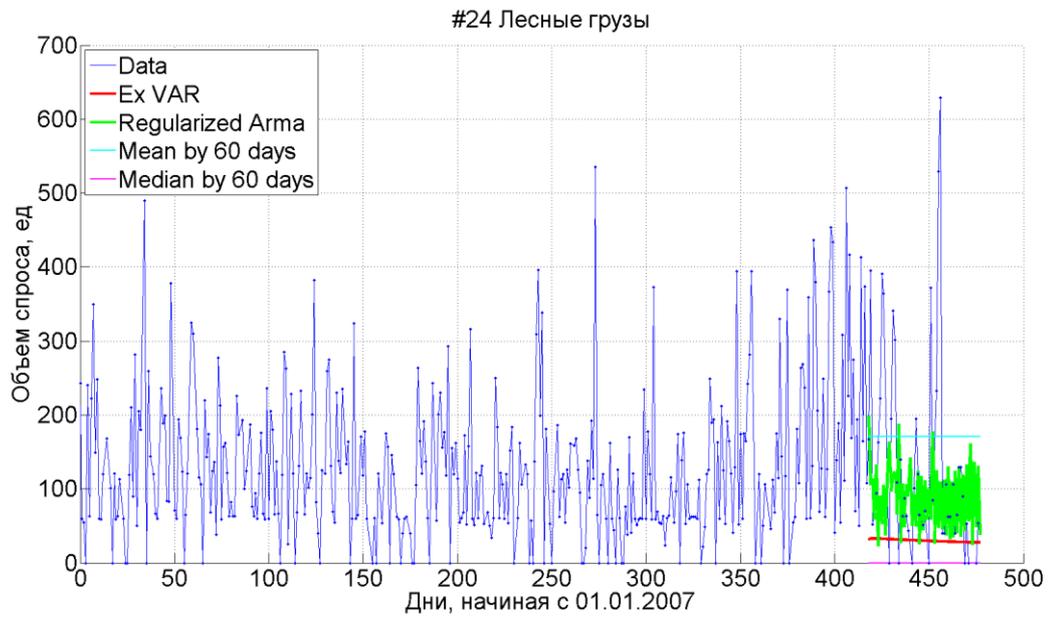


Рис. В.4.59. Тип груза #24 Лесные грузы - Прогноз

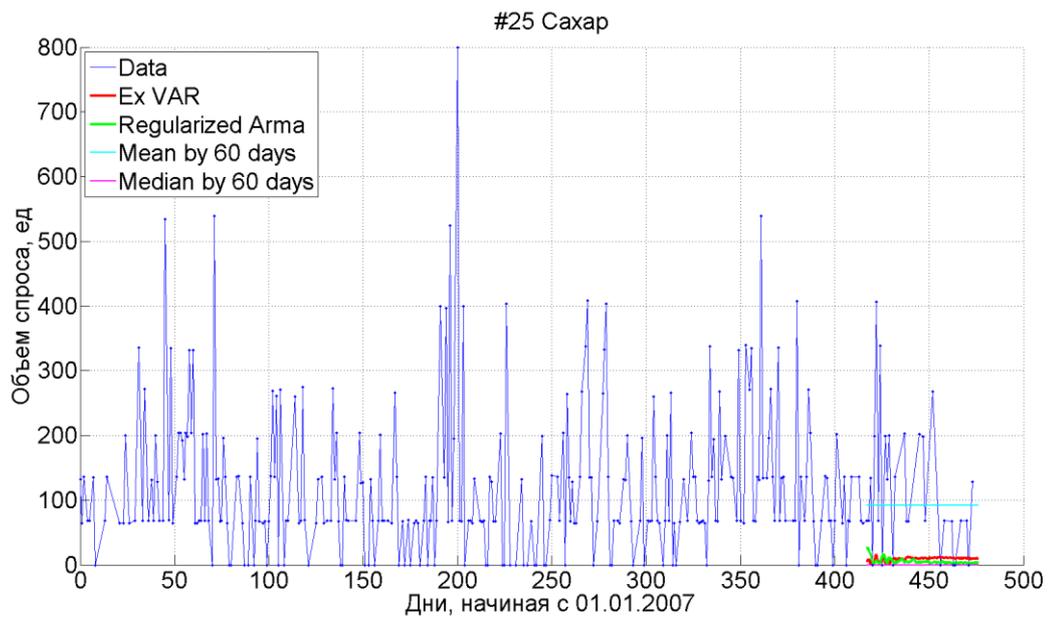


Рис. В.4.60. Тип груза #25 Сахар - Прогноз

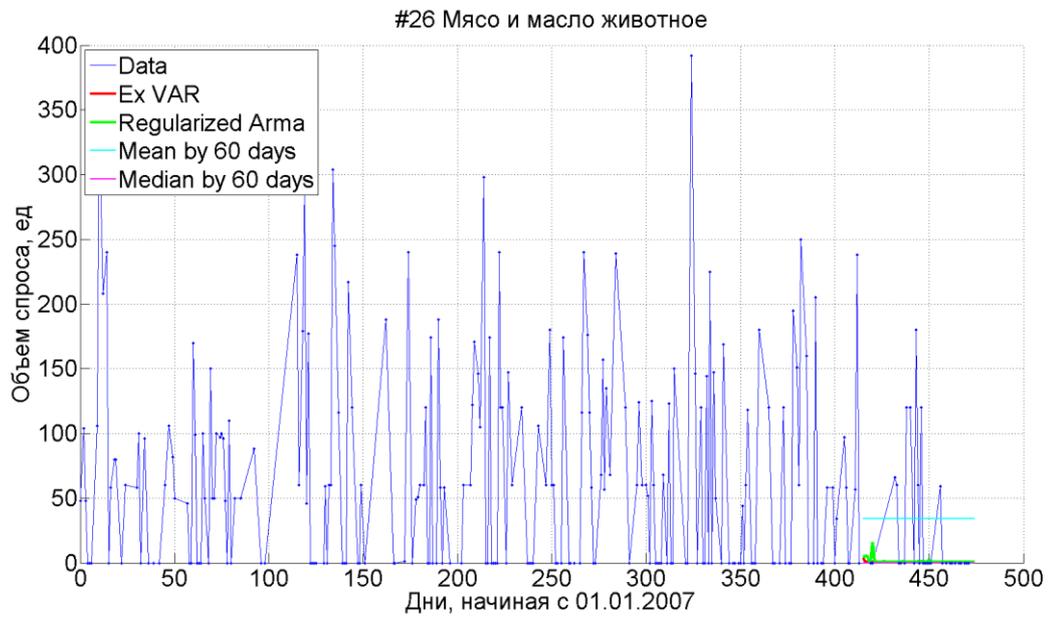


Рис. В.4.61. Тип груза #26 Мясо и масло животное - Прогноз

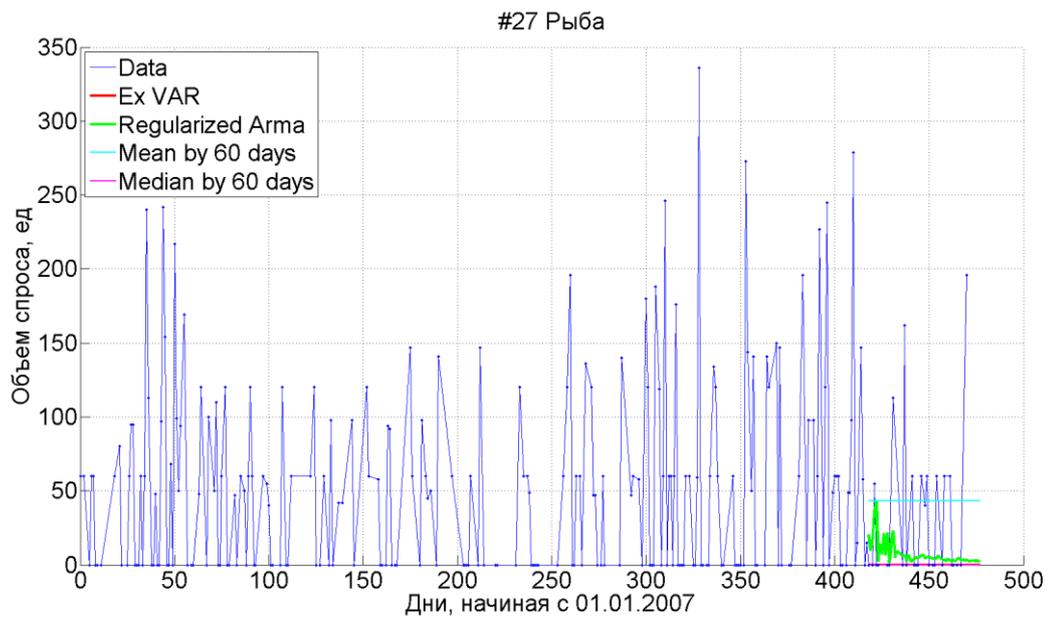


Рис. В.4.62. Тип груза #27 Рыба - Прогноз

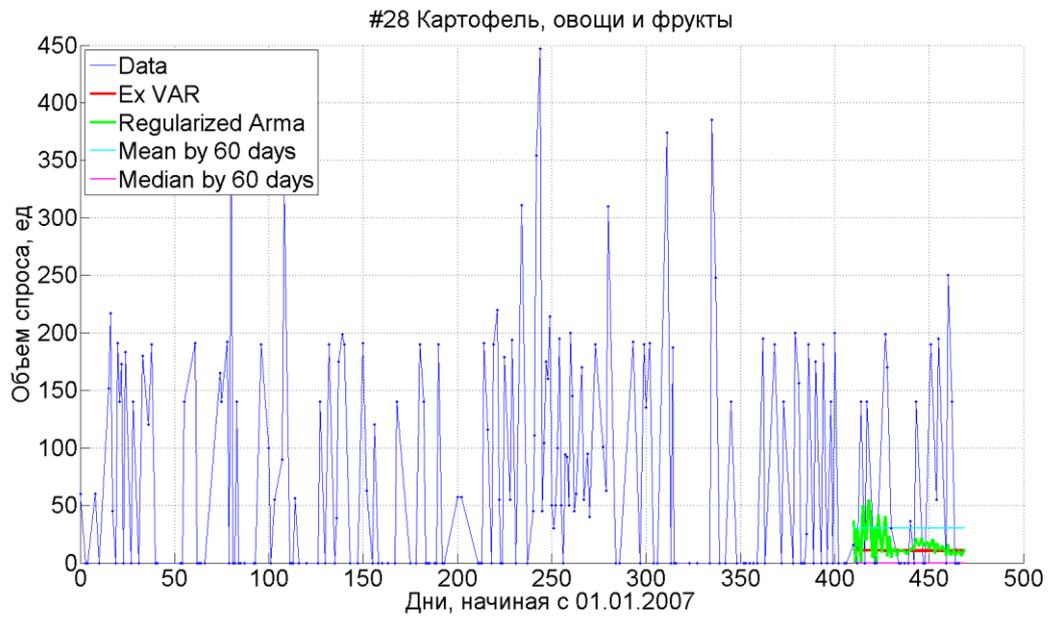


Рис. В.4.63. Тип груза #28 Картофель, овощи и фрукты - Прогноз

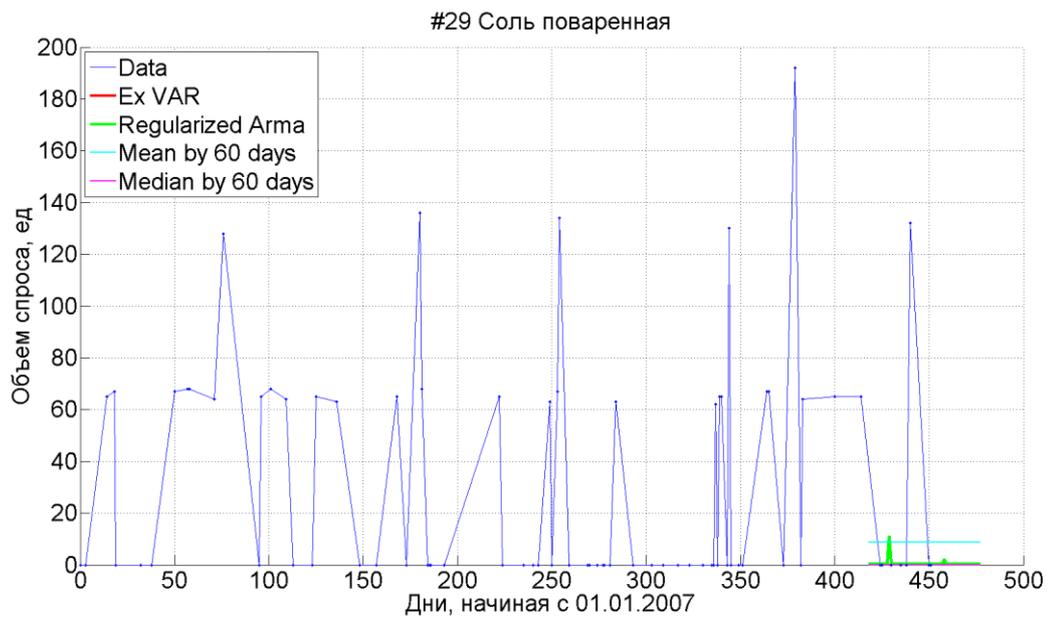


Рис. В.4.64. Тип груза #29 Соль поваренная - Прогноз



Рис. В.4.65. Тип груза #30 Остальные продовольственные товары - Прогноз

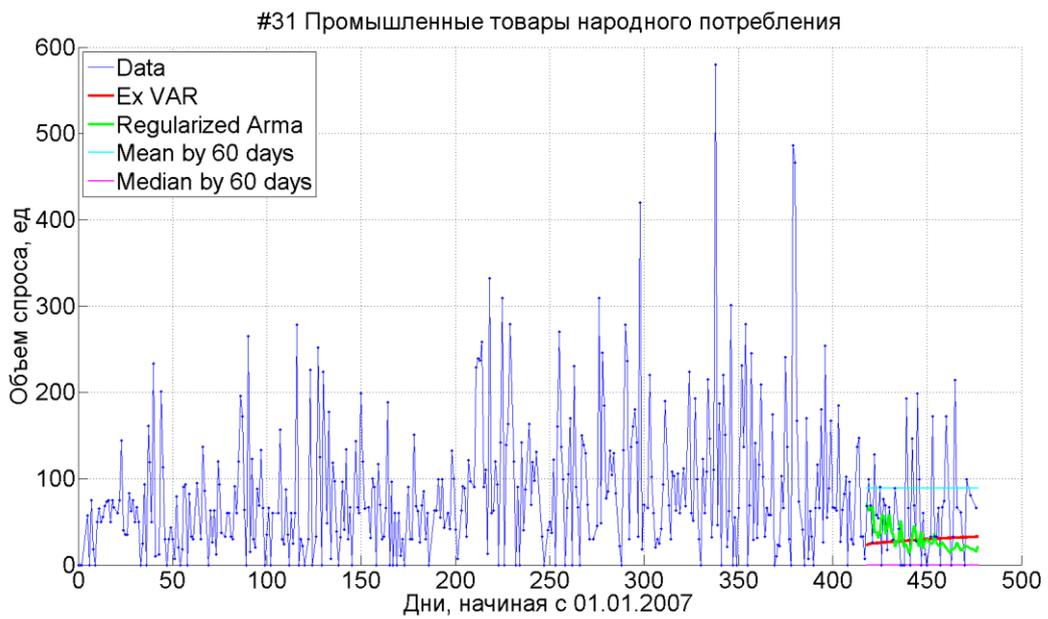


Рис. В.4.66. Тип груза #31 Промышленные товары народного потребления - Прогноз

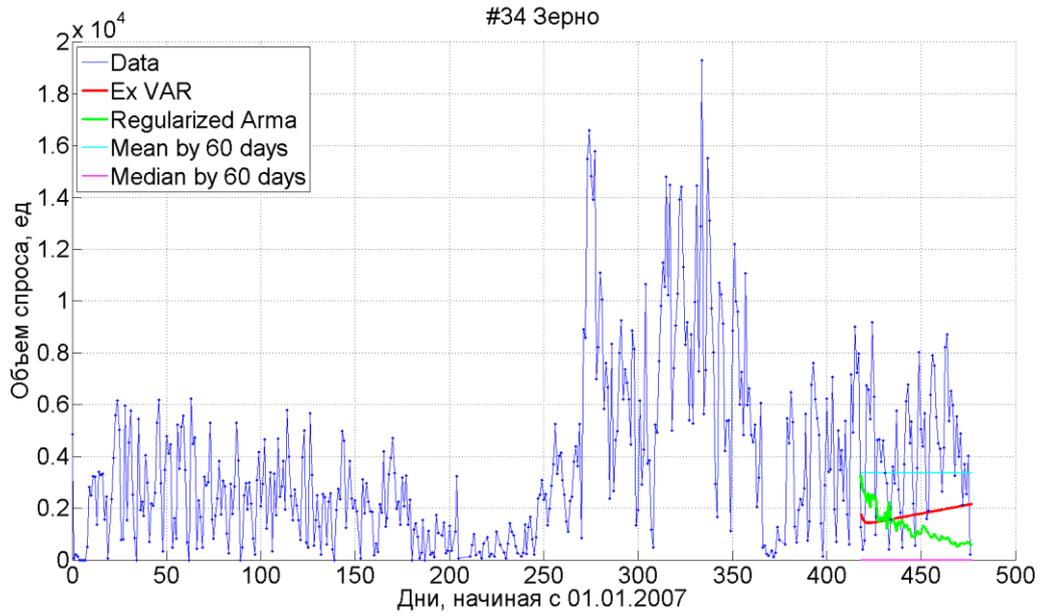


Рис. В.4.67. Тип груза #34 Зерно - Прогноз

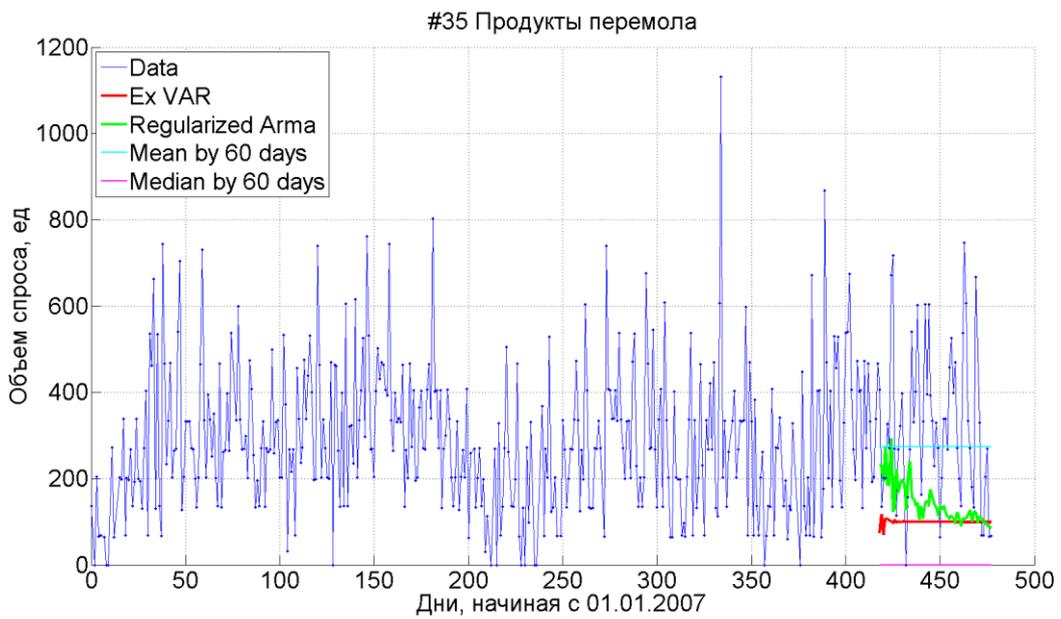


Рис. В.4.68. Тип груза #35 Продукты перемола - Прогноз

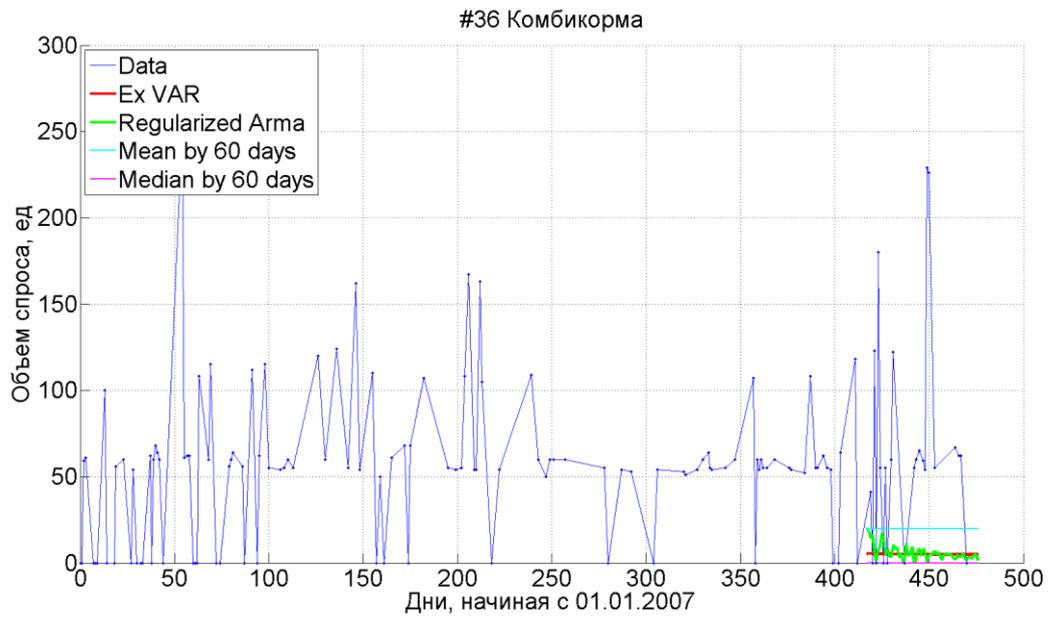


Рис. В.4.69. Тип груза #36 Комбикорма - Прогноз

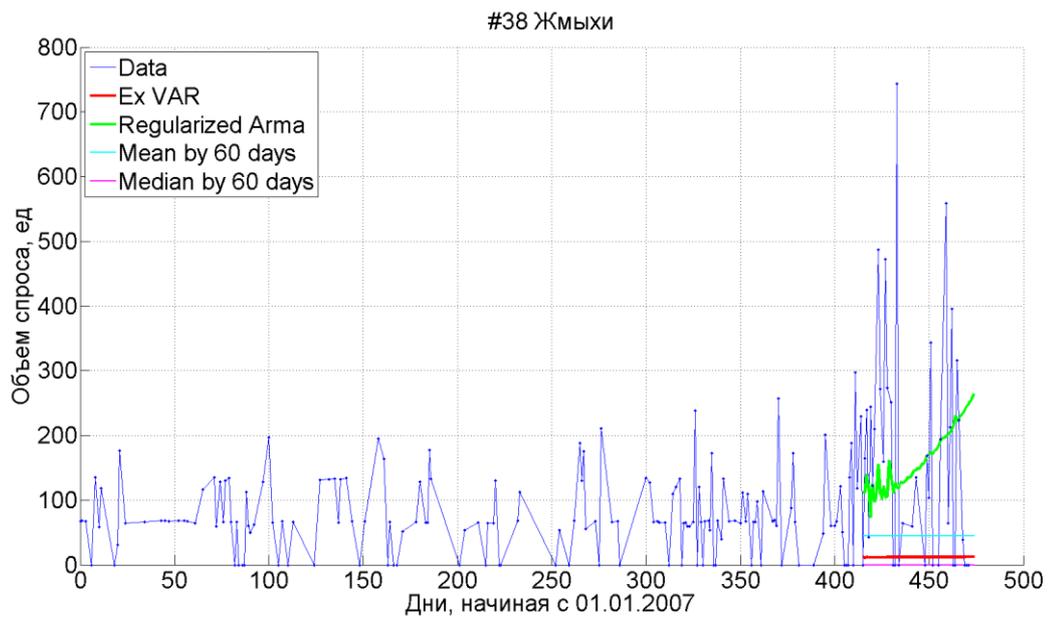


Рис. В.4.70. Тип груза #38 Жмыхи - Прогноз

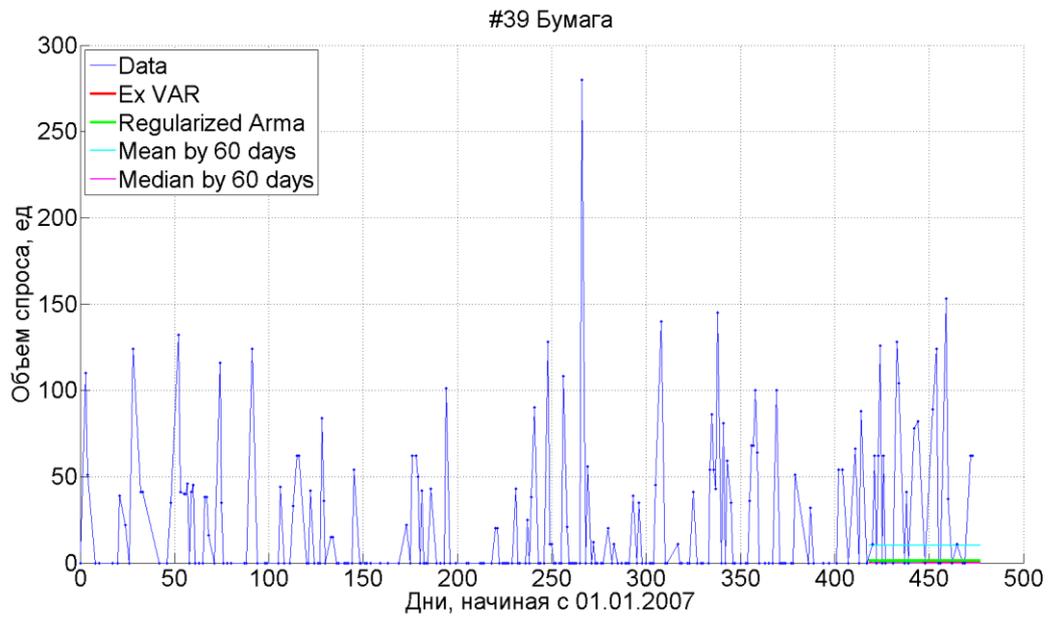


Рис. В.4.71. Тип груза #39 Бумага - Прогноз

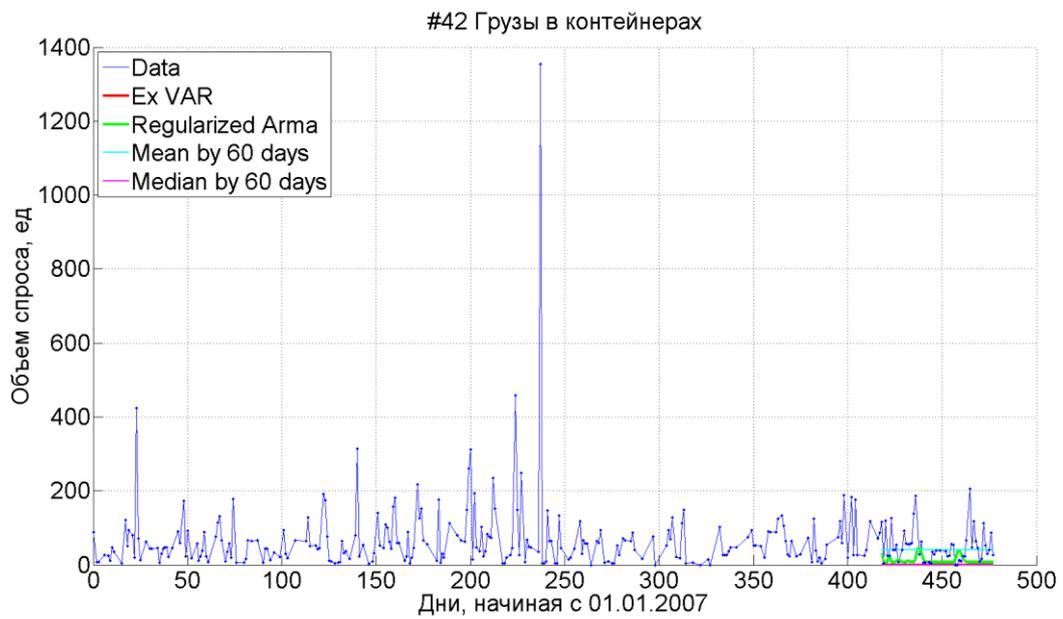


Рис. В.4.72. Тип груза #42 Грузы в контейнерах - Прогноз



Рис. В.4.73. Тип груза #43 Остальные и сборные грузы - Прогноз

5) Диаграммы значений ошибок прогнозирования MAE и MAPE с детализацией по дням, неделям, месяцам, агрегированных по парам станций и регионов для данного типа груза, вычисленных по формулам (10, 12, 14, 16, 18, 20) и (22, 24, 26, 28, 30, 32), соответственно, представлены на рис. В.4.74 – В.4.109; по оси абсцисс отложена выбранная детализация по времени, по оси ординат – значение ошибки MAE или MAPE для пар станций или регионов.

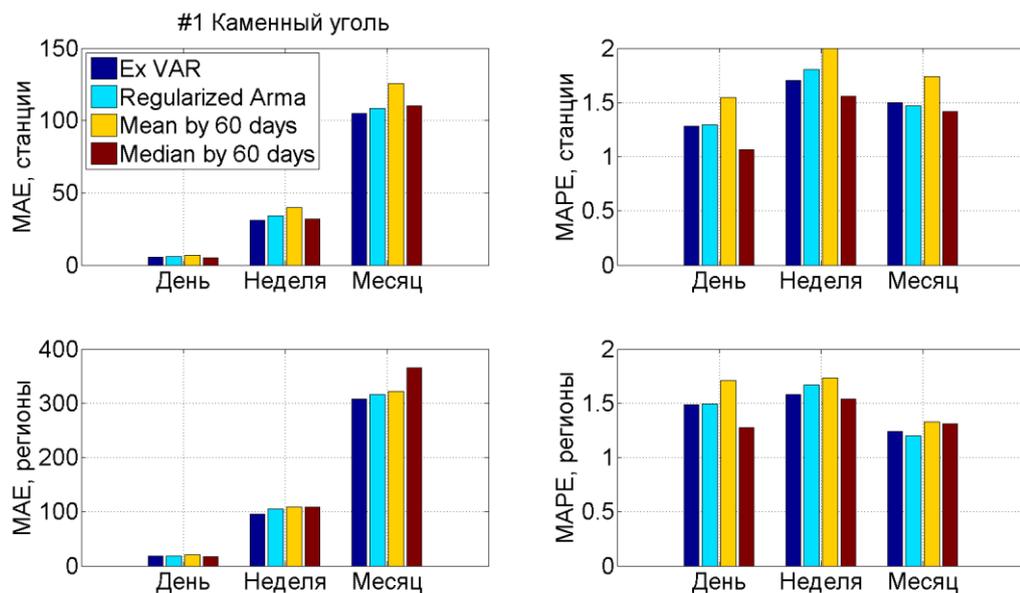


Рис. В.4.74. Тип груза #1 Каменный уголь - Ошибка прогнозирования

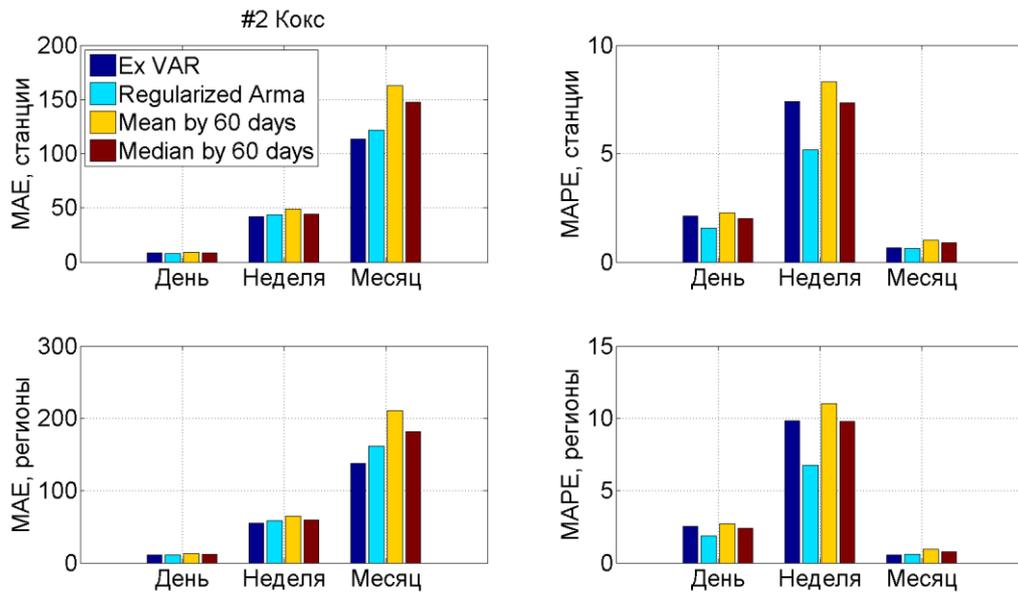


Рис. В.4.75. Тип груза #2 Кокс - Ошибка прогнозирования

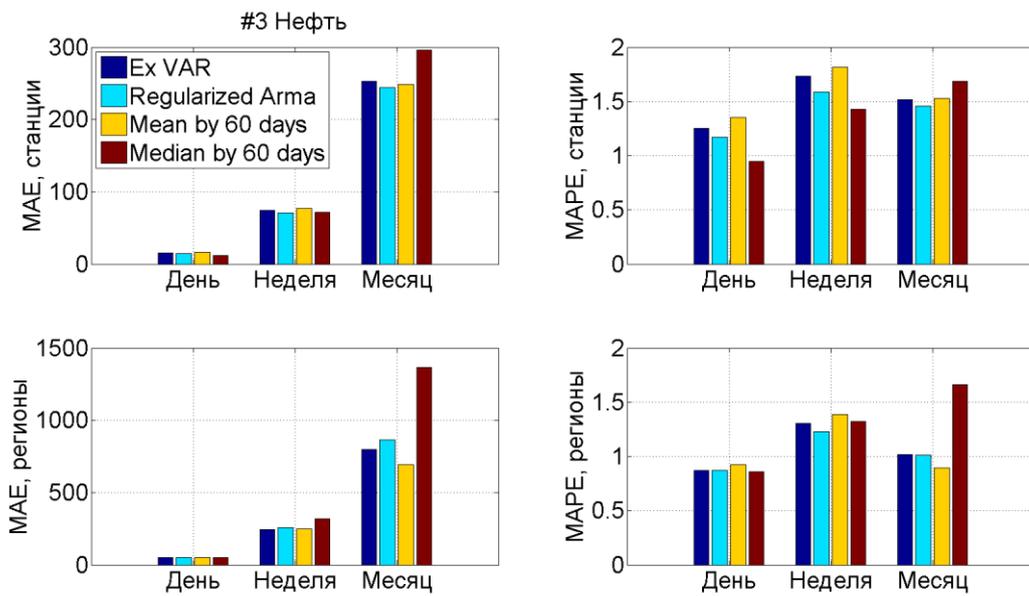


Рис. В.4.76. Тип груза #3 Нефть - Ошибка прогнозирования

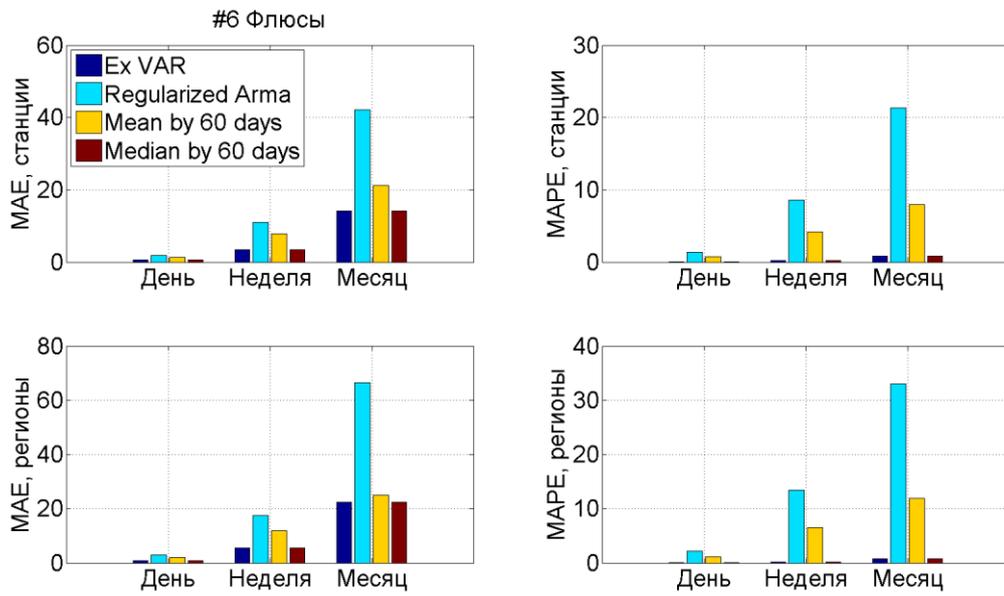


Рис. В.4.77. Тип груза #6 Флюсы - Ошибка прогнозирования

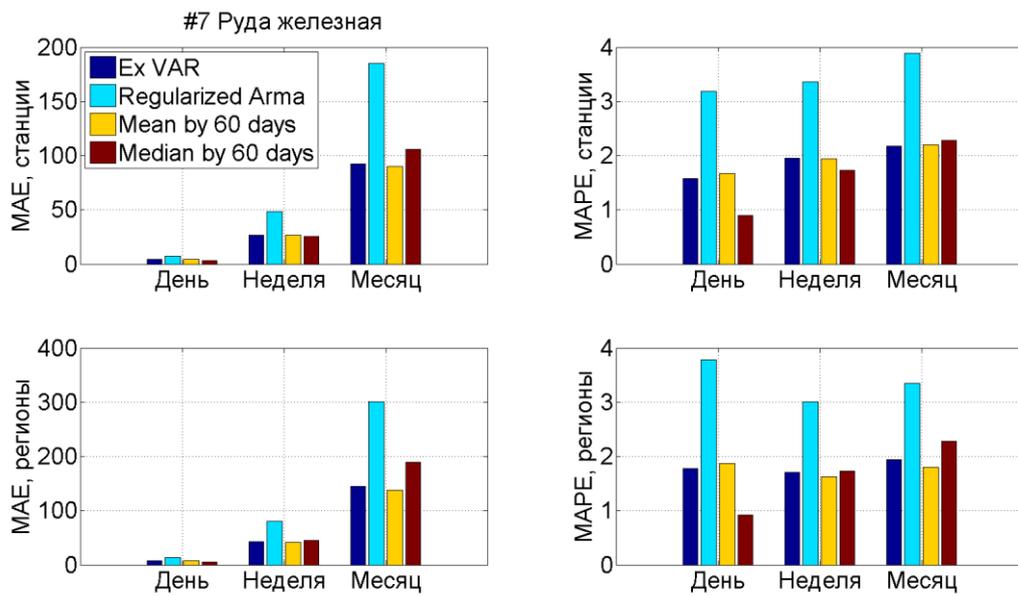


Рис. В.4.78. Тип груза #7 Руда железная - Ошибка прогнозирования

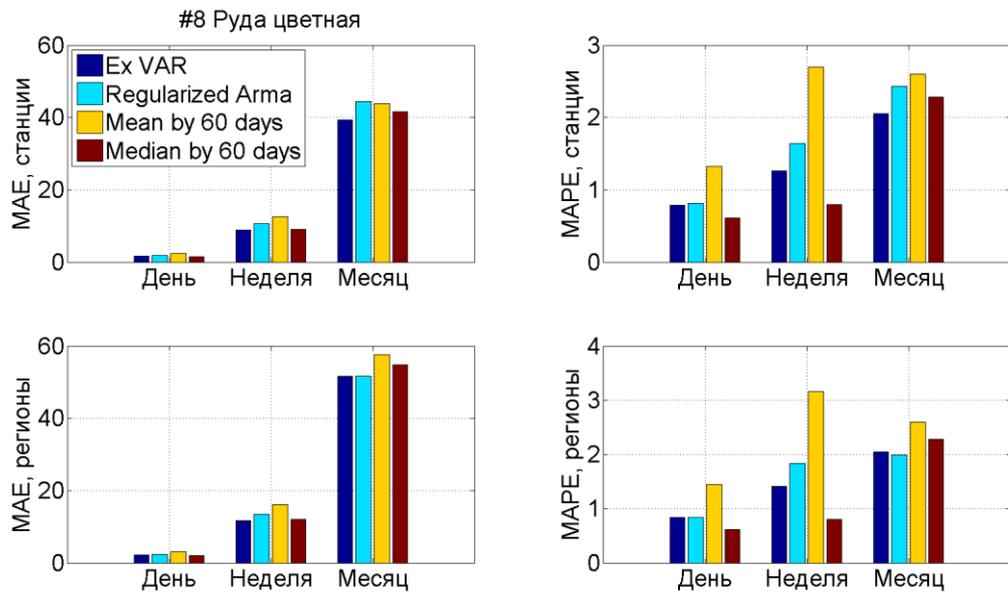


Рис. В.4.79. Тип груза #8 Руда цветная - Ошибка прогнозирования

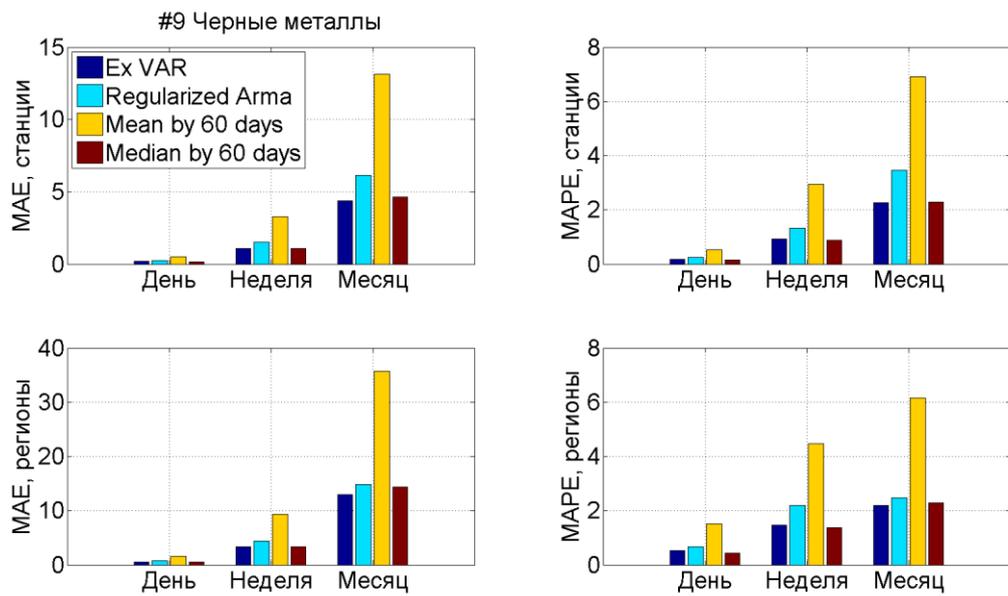


Рис. В.4.80. Тип груза #9 Черные металлы - Ошибка прогнозирования

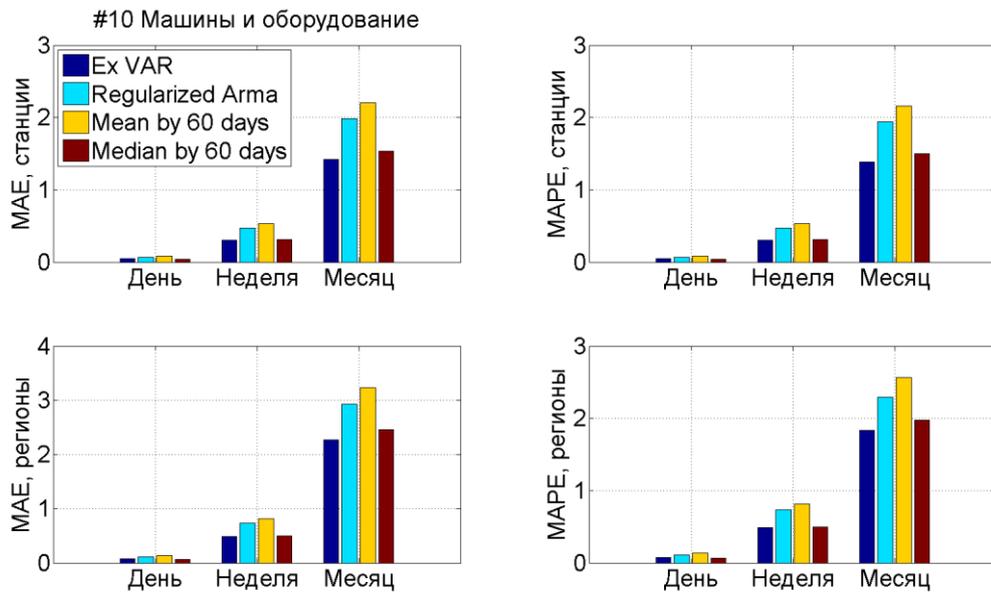


Рис. В.4.81. Тип груза #10 Машины и оборудование - Ошибка прогнозирования

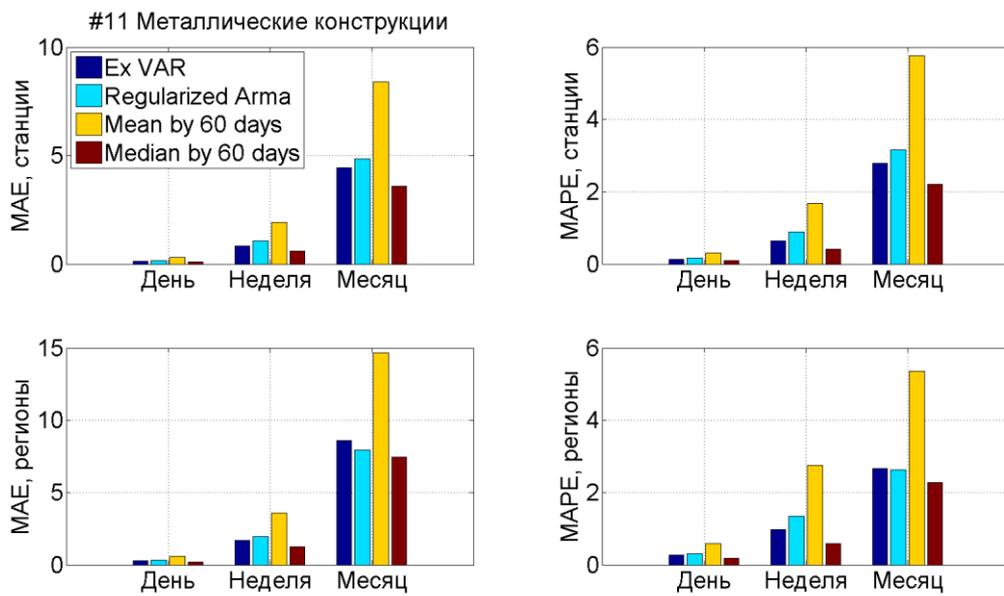


Рис. В.4.82. Тип груза #11 Металлические конструкции - Ошибка прогнозирования

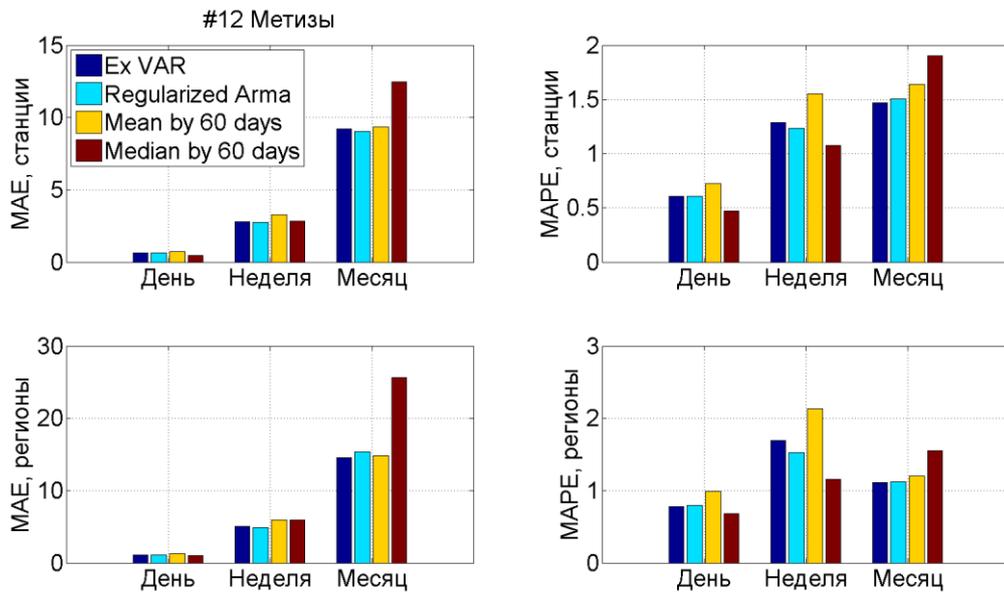


Рис. В.4.83. Тип груза #12 Метизы - Ошибка прогнозирования

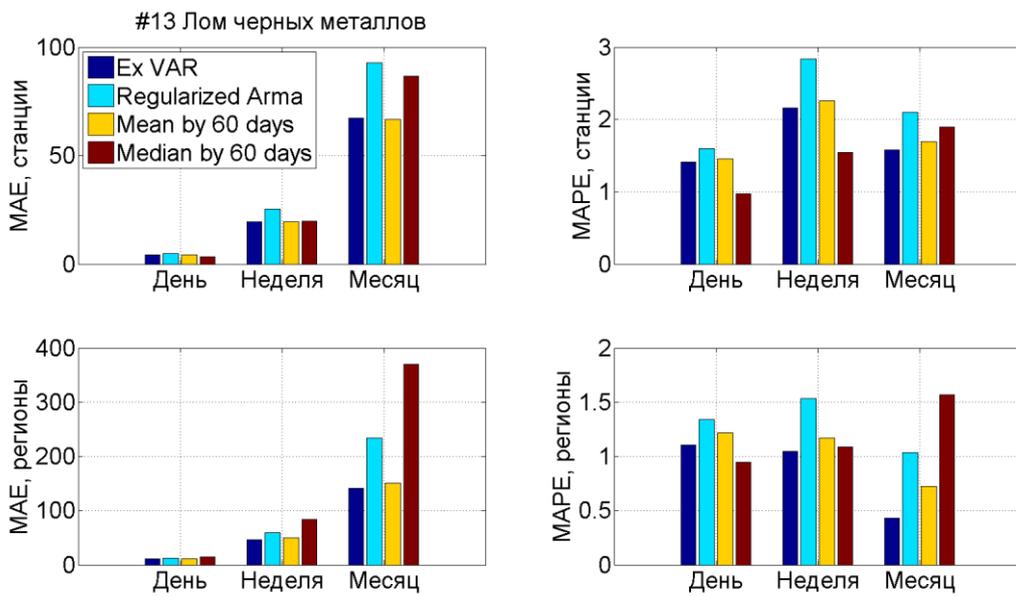


Рис. В.4.84. Тип груза #13 Лом черных металлов - Ошибка прогнозирования

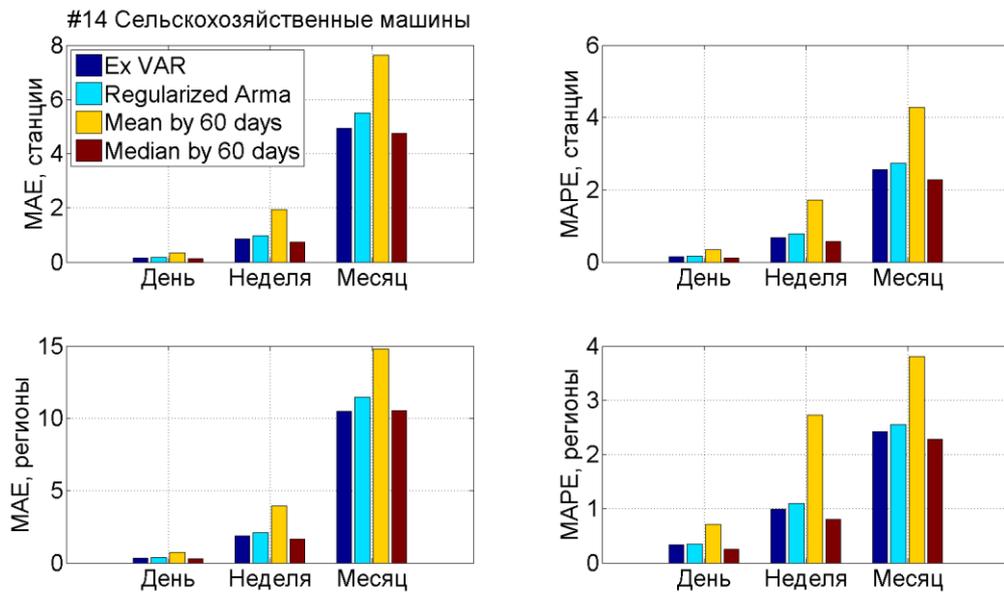


Рис. В.4.85. Тип груза #14 Сельскохозяйственные машины - Ошибка прогнозирования

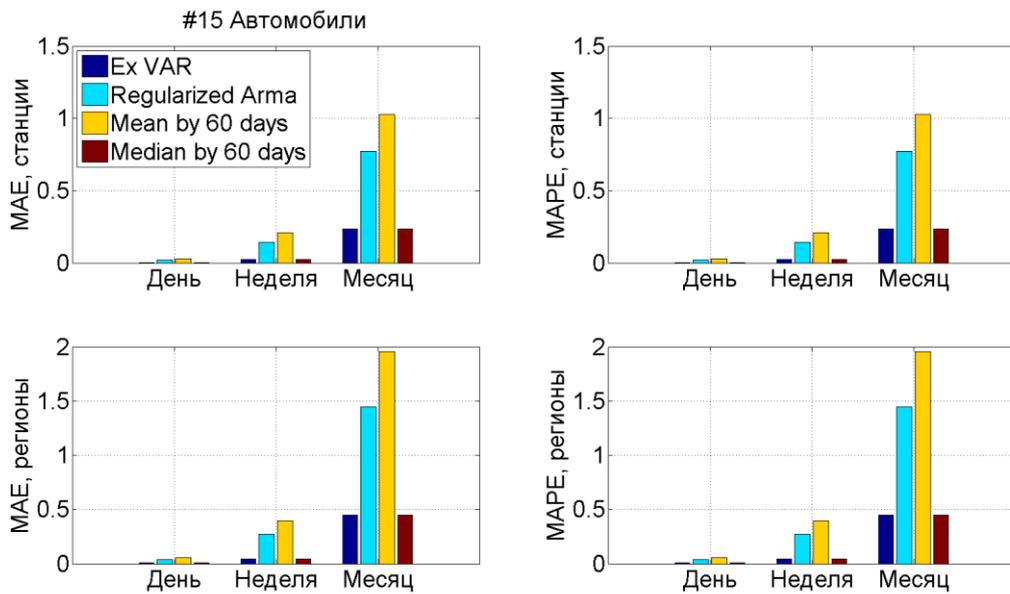


Рис. В.4.86. Тип груза #15 Автомобили - Ошибка прогнозирования

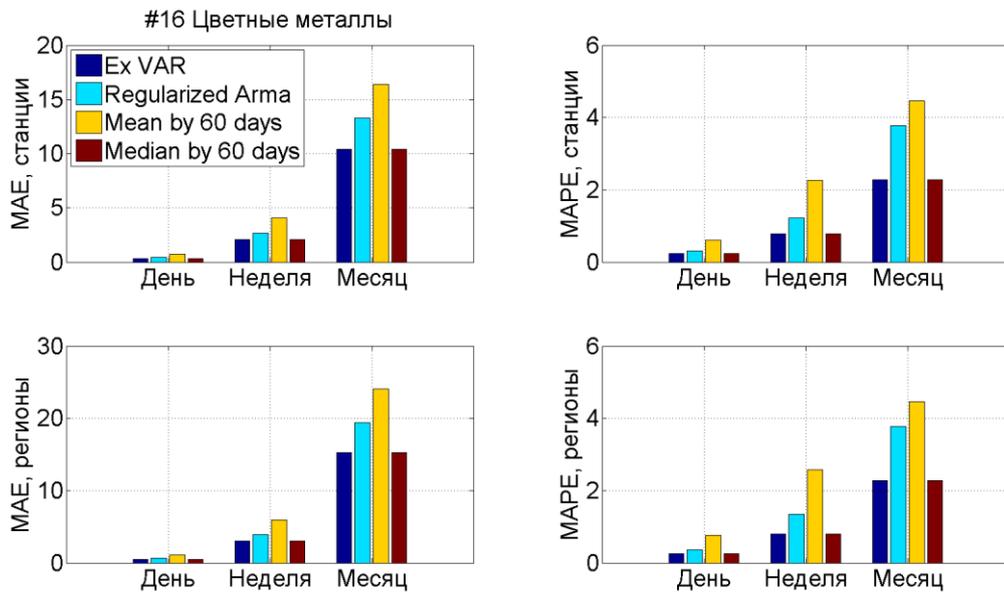


Рис. В.4.87. Тип груза #16 Цветные металлы - Ошибка прогнозирования

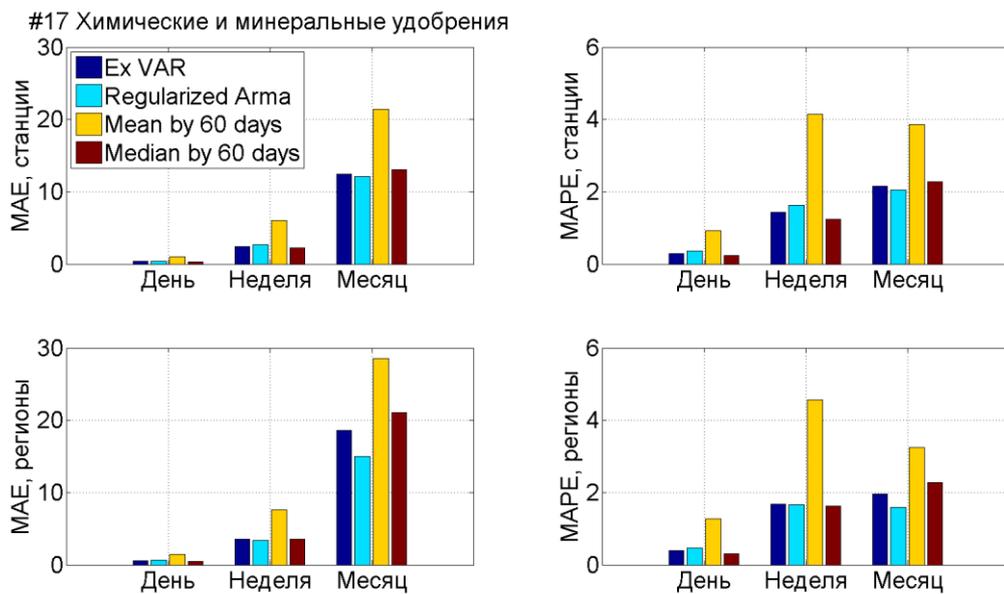


Рис. В.4.88. Тип груза #17 Химические и минеральные удобрения - Ошибка прогнозирования

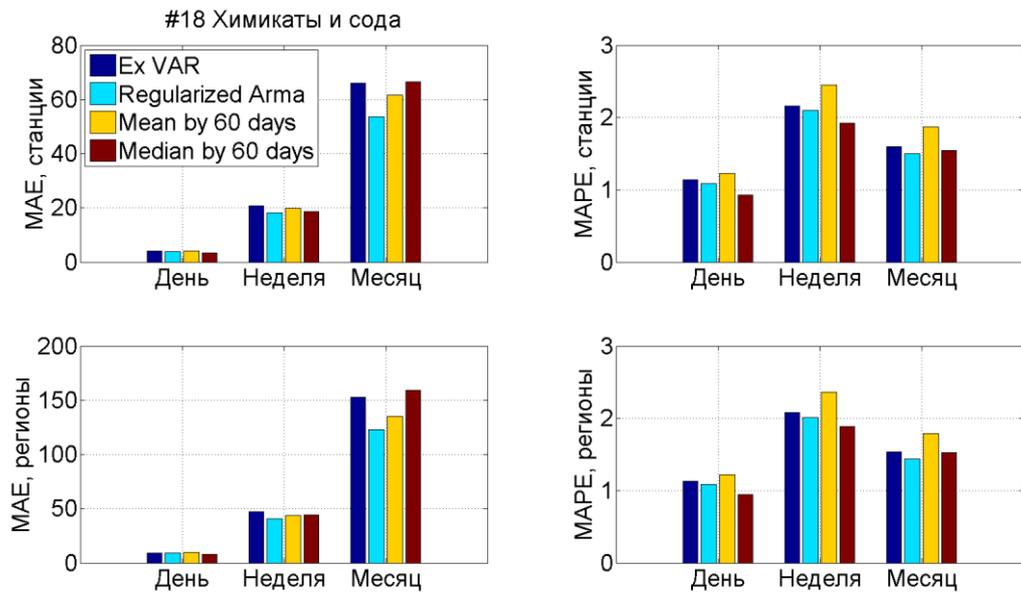


Рис. В.4.89. Тип груза #18 Химикаты и сода - Ошибка прогнозирования

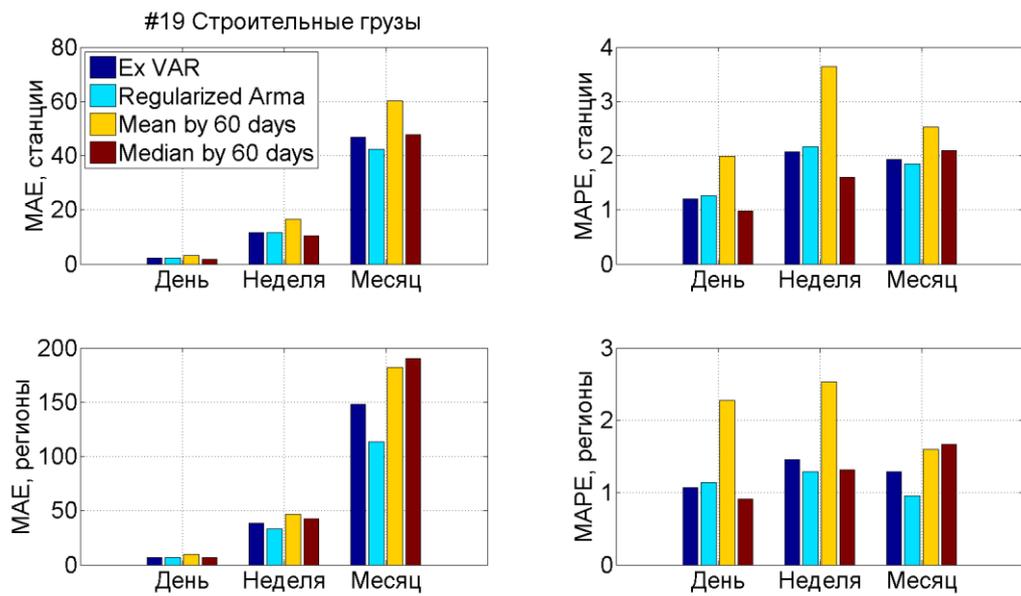


Рис. В.4.90. Тип груза #19 Строительные грузы - Ошибка прогнозирования

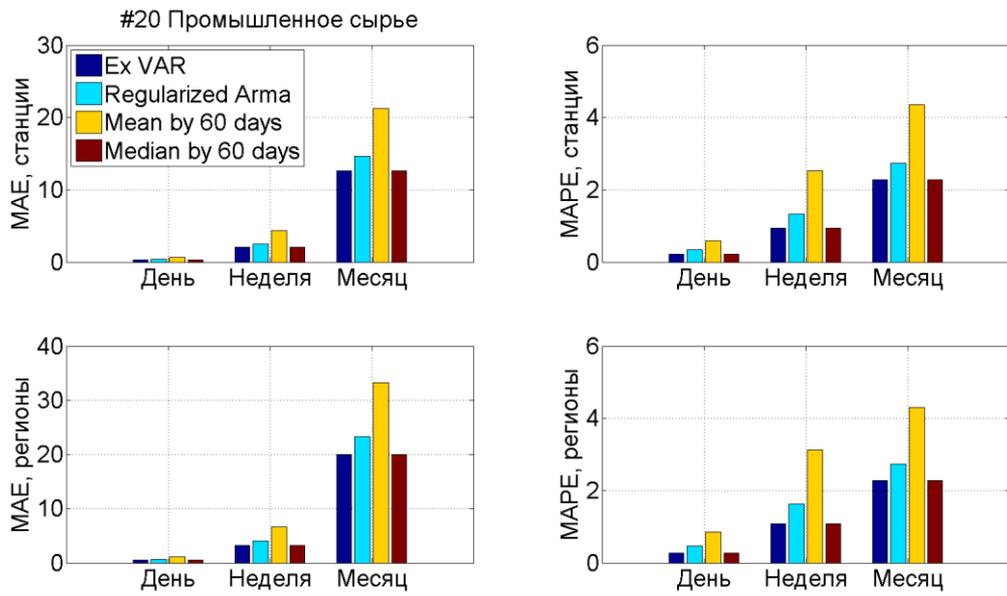


Рис. В.4.91. Тип груза #20 Промышленное сырье - Ошибка прогнозирования

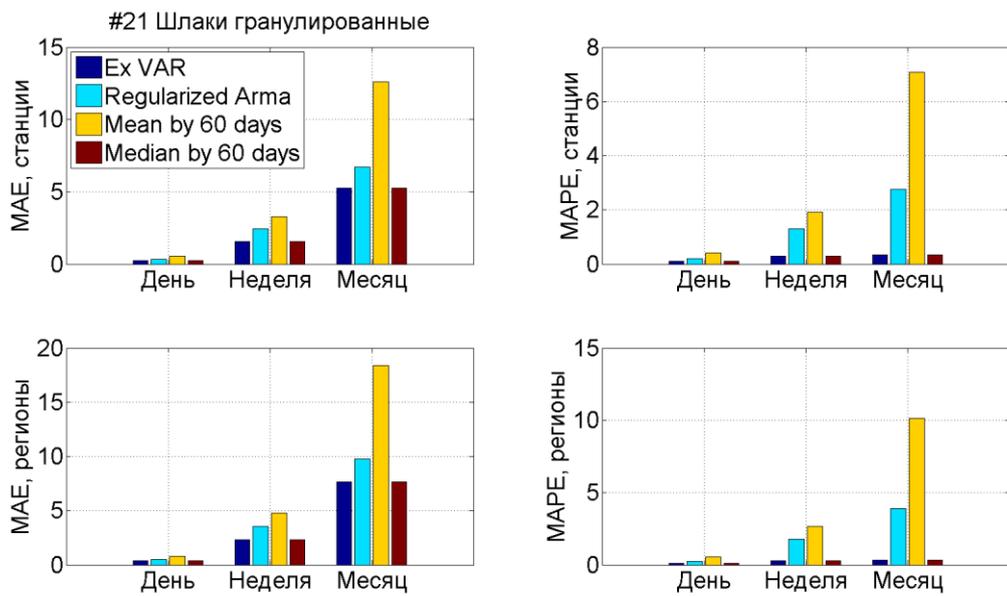


Рис. В.4.92. Тип груза #21 Шлаки гранулированные - Ошибка прогнозирования

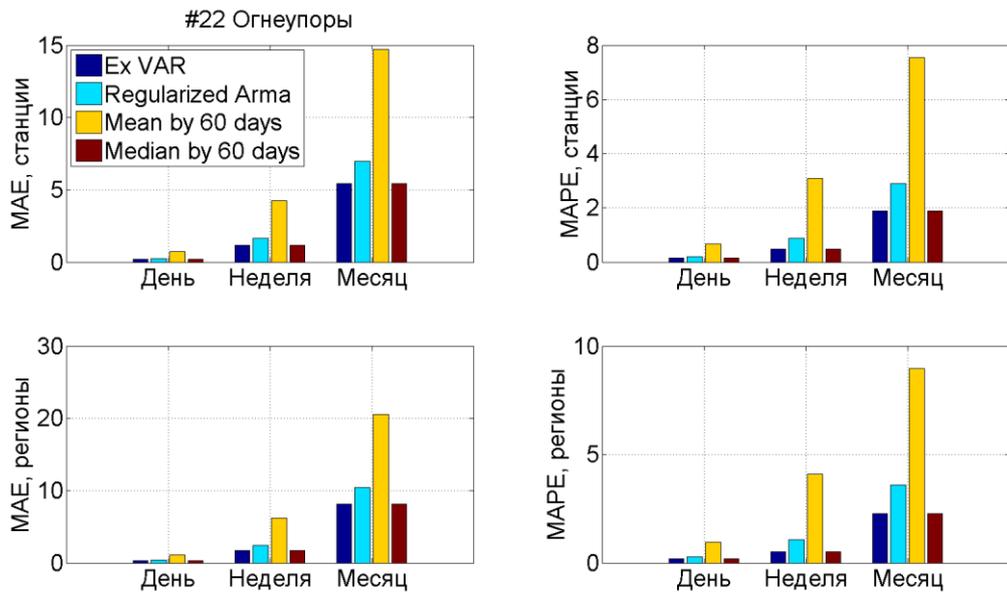


Рис. В.4.93. Тип груза #22 Огнеупоры - Ошибка прогнозирования

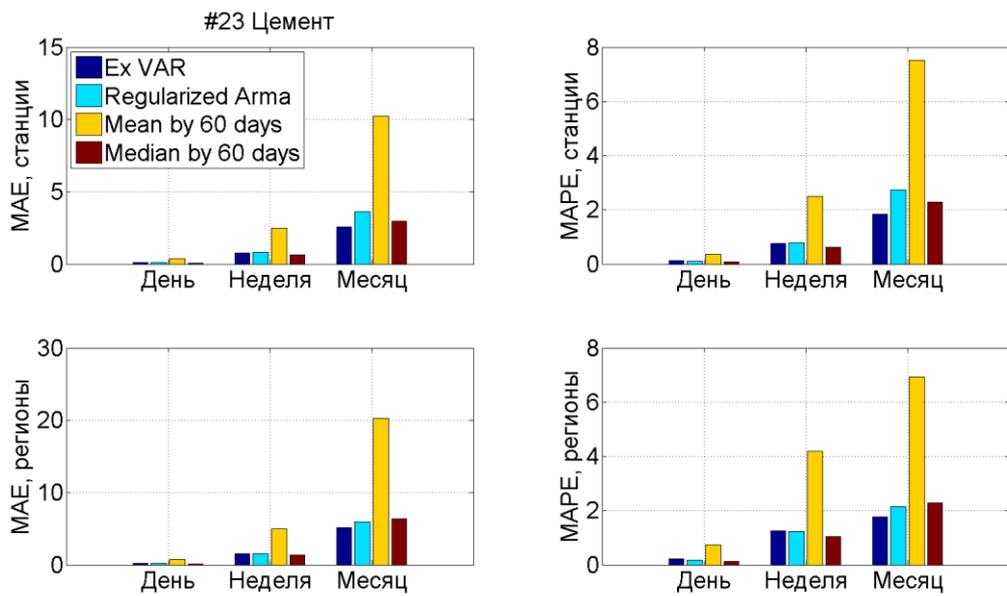


Рис. В.4.94. Тип груза #23 Цемент - Ошибка прогнозирования

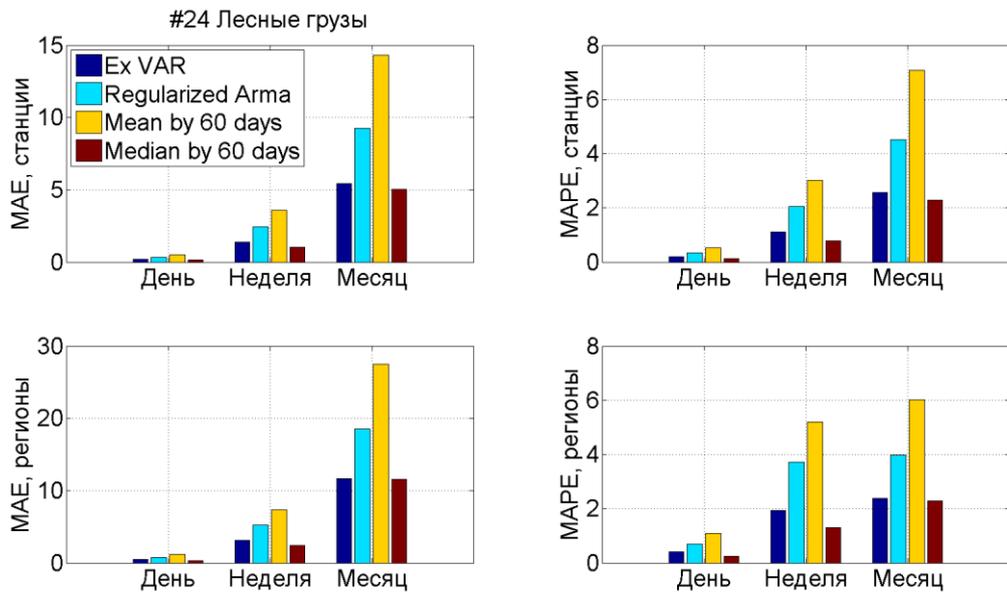


Рис. В.4.95. Тип груза #24 Лесные грузы - Ошибка прогнозирования

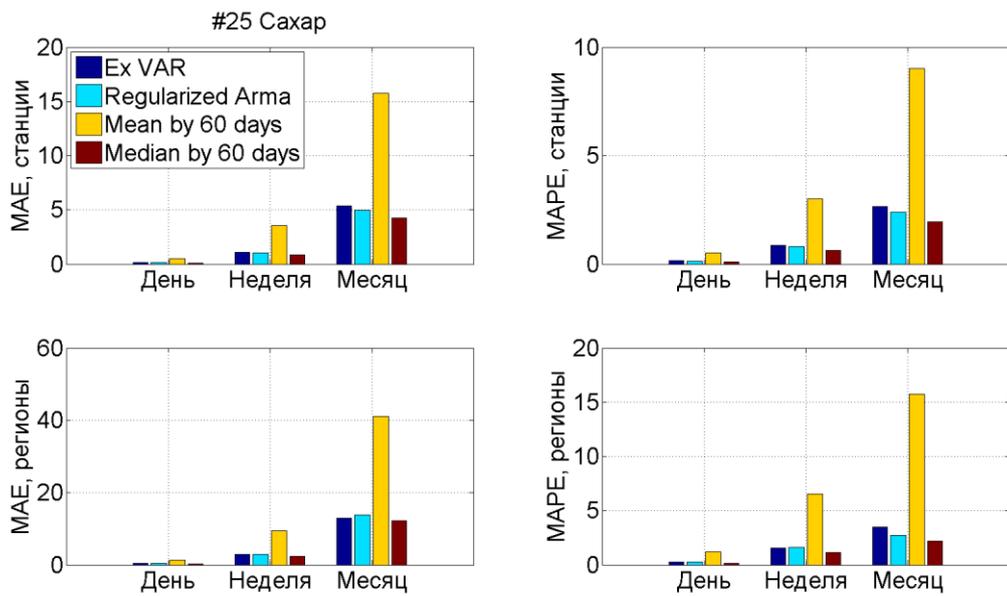


Рис. В.4.96. Тип груза #25 Сахар - Ошибка прогнозирования

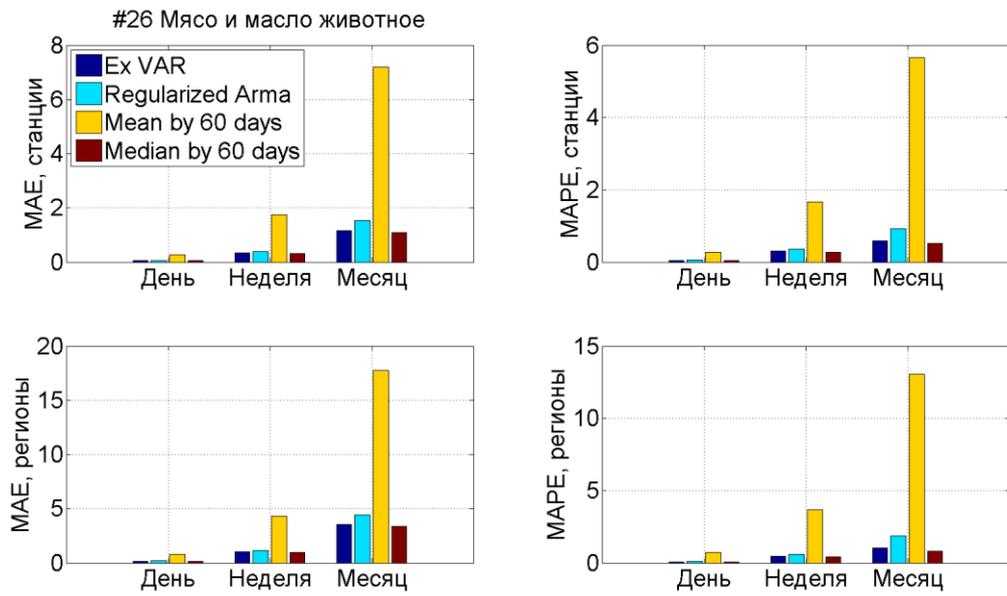


Рис. В.4.97. Тип груза #26 Мясо и масло животное - Ошибка прогнозирования

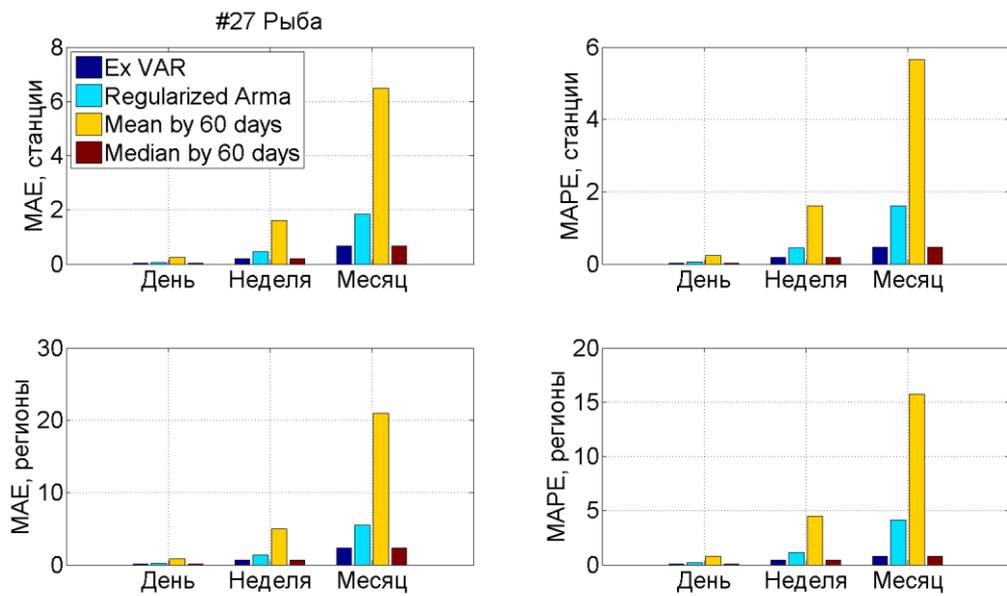


Рис. В.4.98. Тип груза #27 Рыба - Ошибка прогнозирования

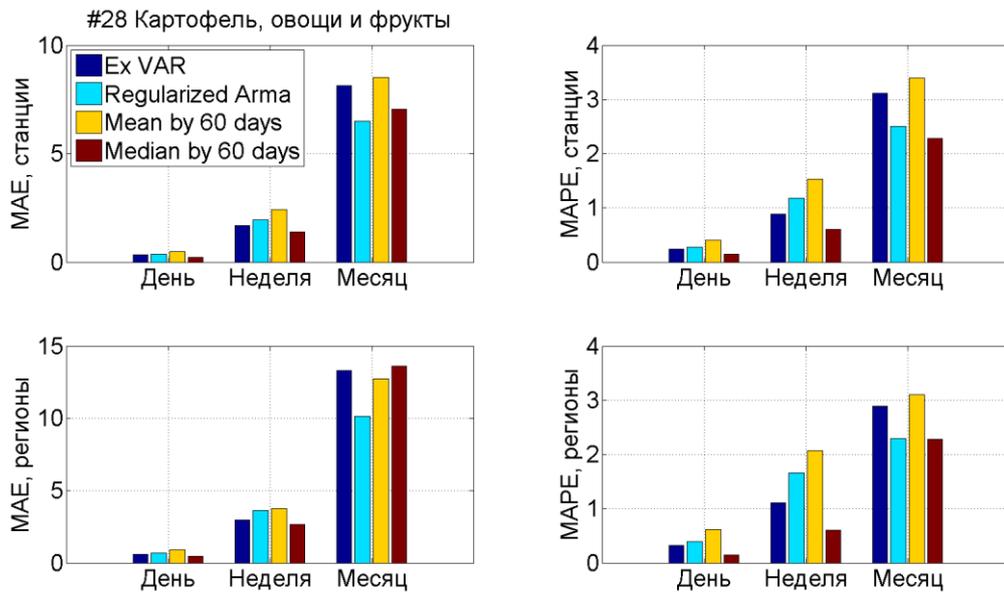


Рис. В.4.99. Тип груза #28 Картофель, овощи и фрукты - Ошибка прогнозирования

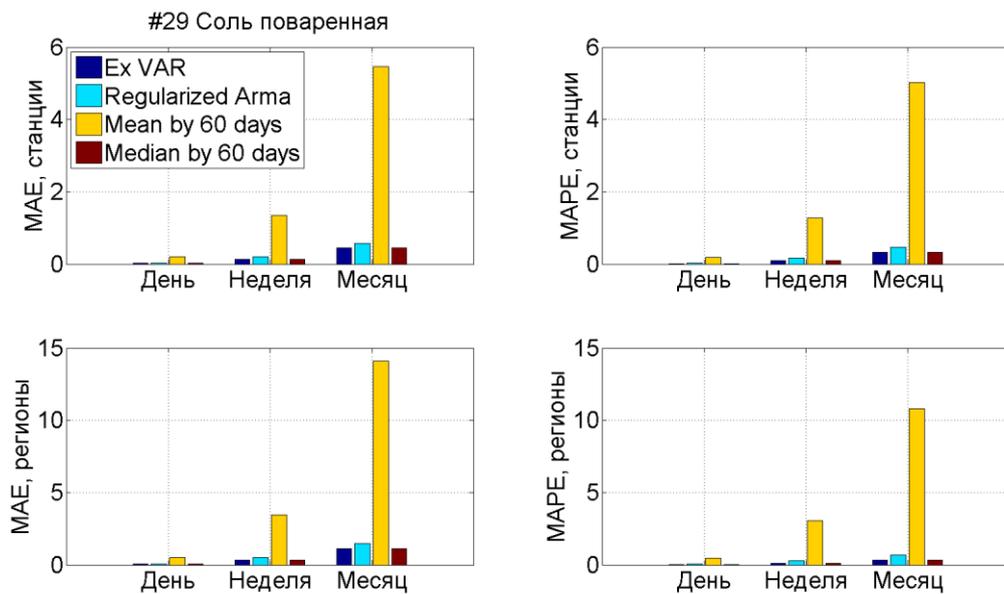


Рис. В.4.100. Тип груза #29 Соль поваренная - Ошибка прогнозирования

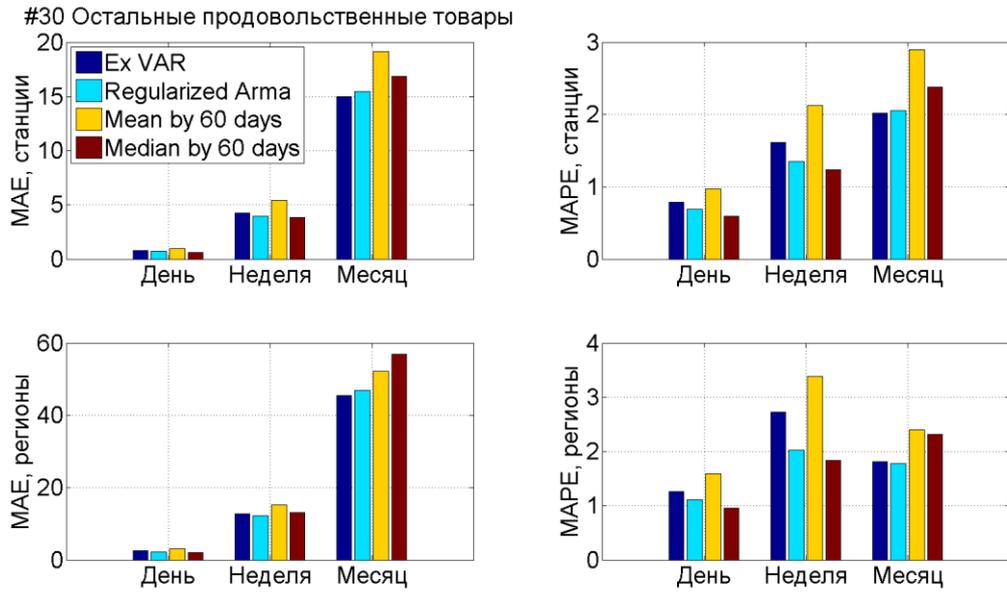


Рис. В.4.101. Тип груза #30 Остальные продовольственные товары - Ошибка прогнозирования

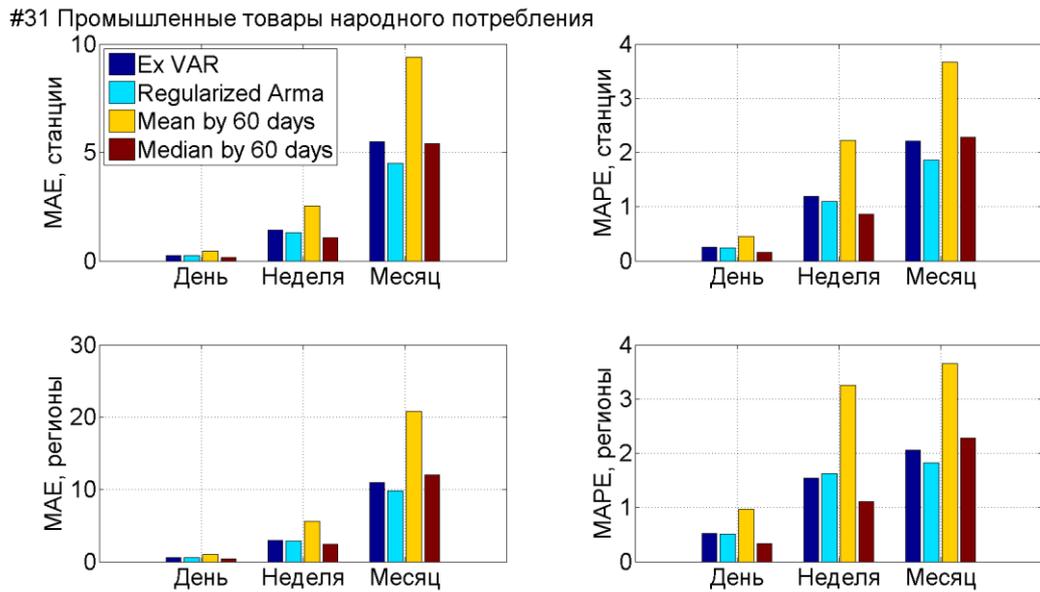


Рис. В.4.102. Тип груза #31 Промышленные товары народного потребления - Ошибка прогнозирования

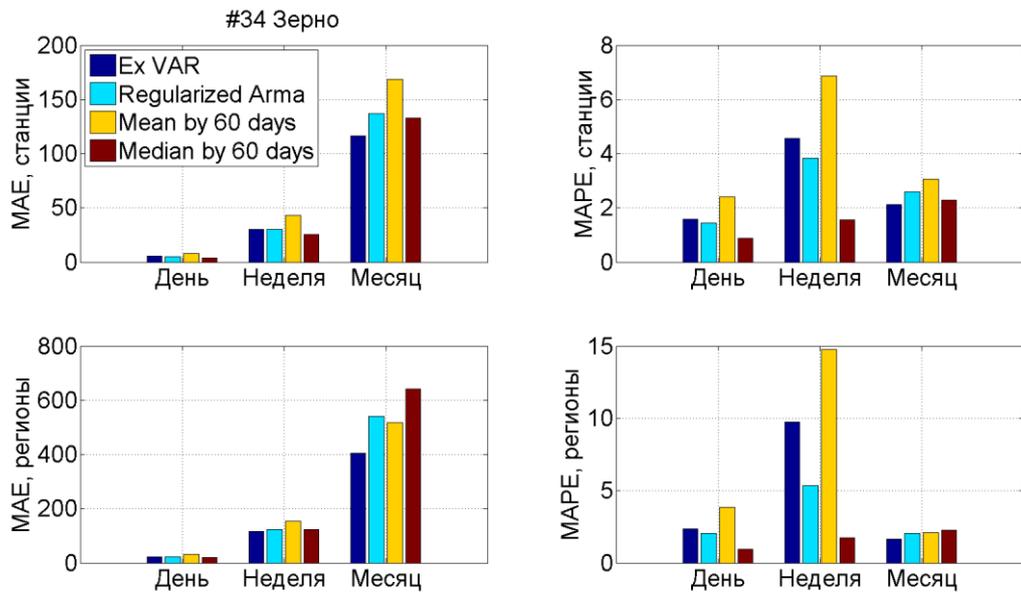


Рис. В.4.103. Тип груза #34 Зерно - Ошибка прогнозирования

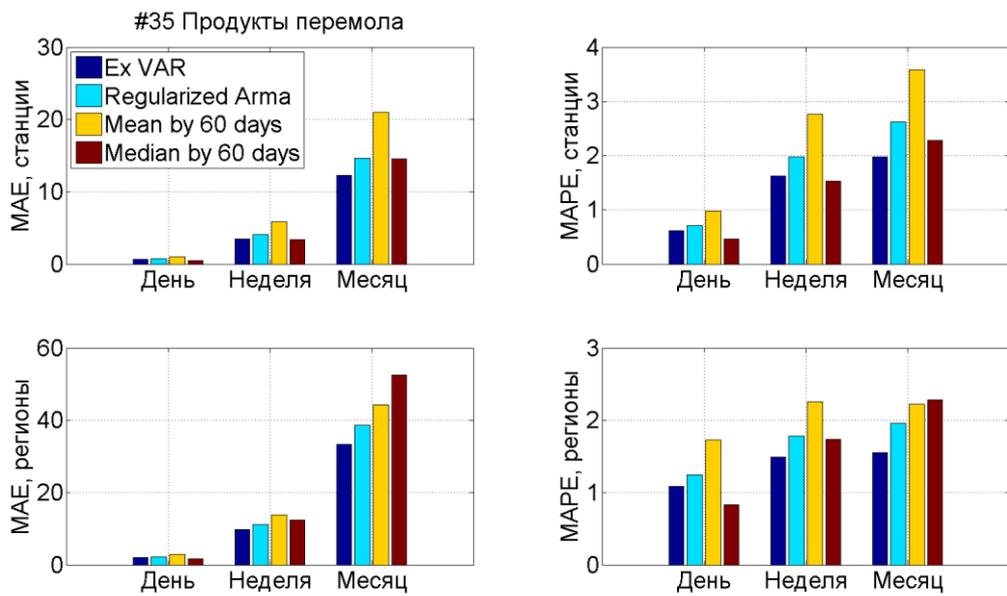


Рис. В.4.104. Тип груза #35 Продукты перемола - Ошибка прогнозирования

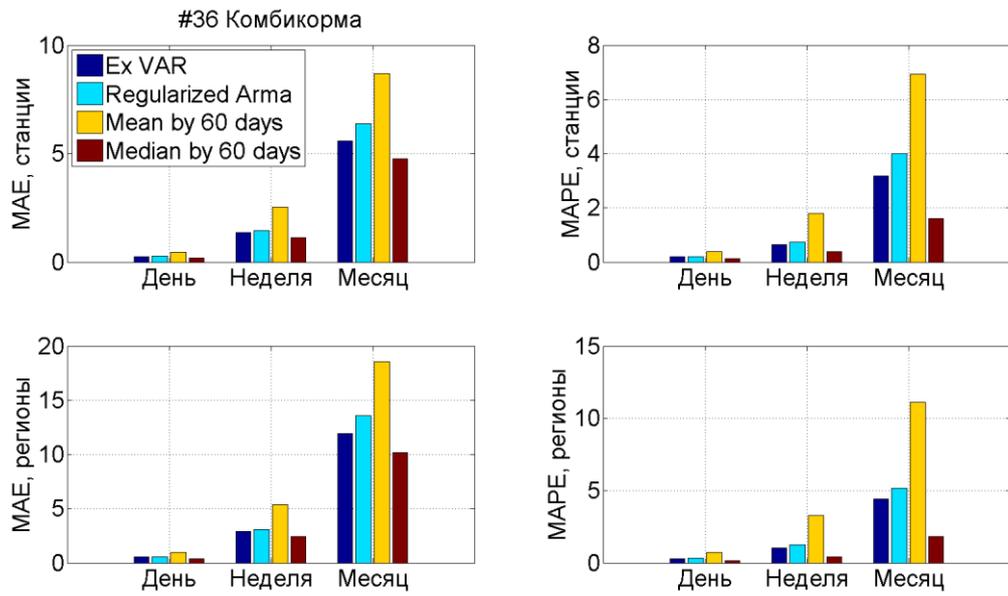


Рис. В.4.105. Тип груза #36 Комбикорма - Ошибка прогнозирования

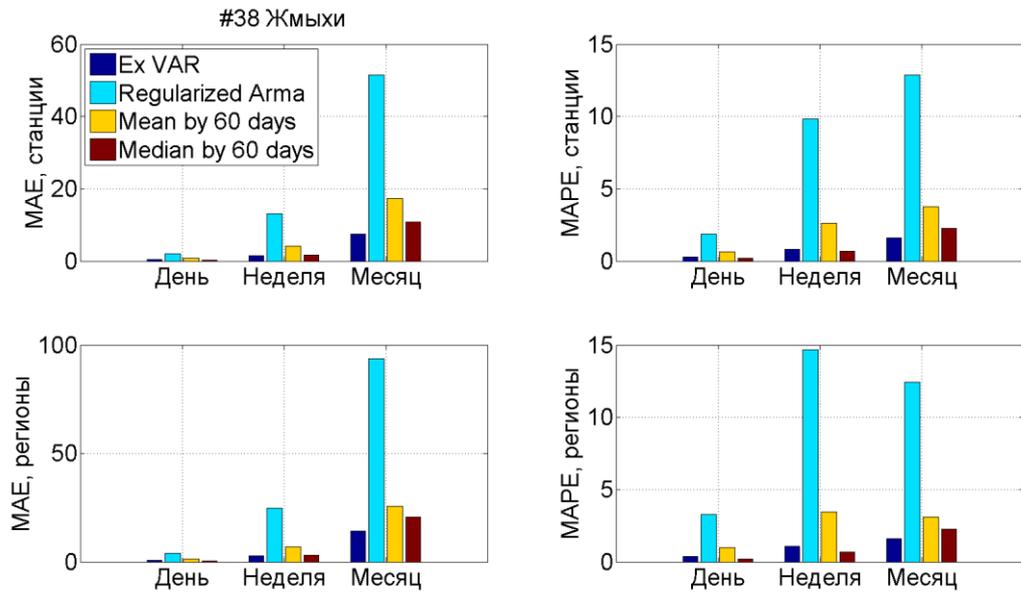


Рис. В.4.106. Тип груза #38 Жмыхи - Ошибка прогнозирования

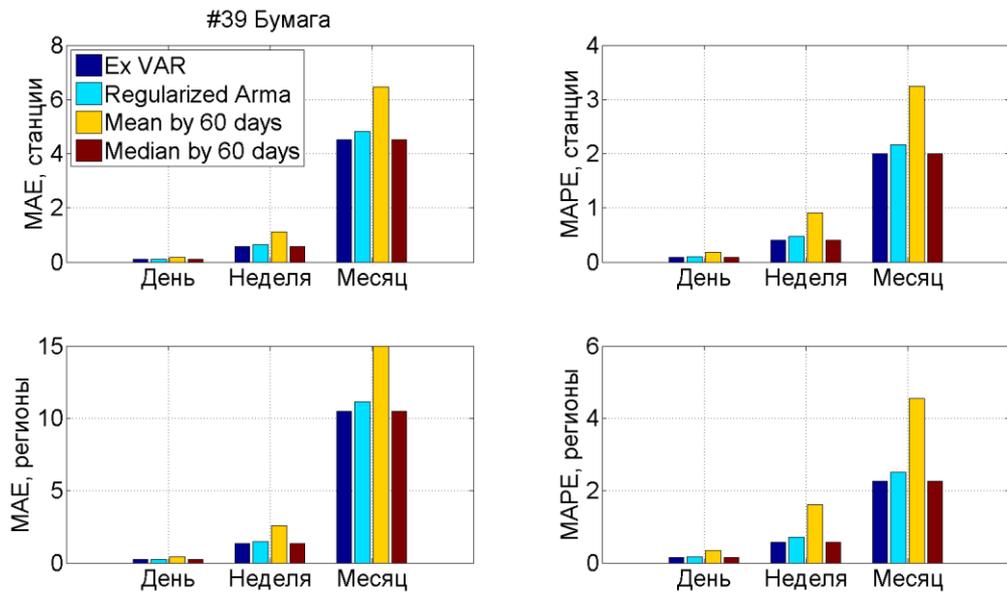


Рис. В.4.107. Тип груза #39 Бумага - Ошибка прогнозирования

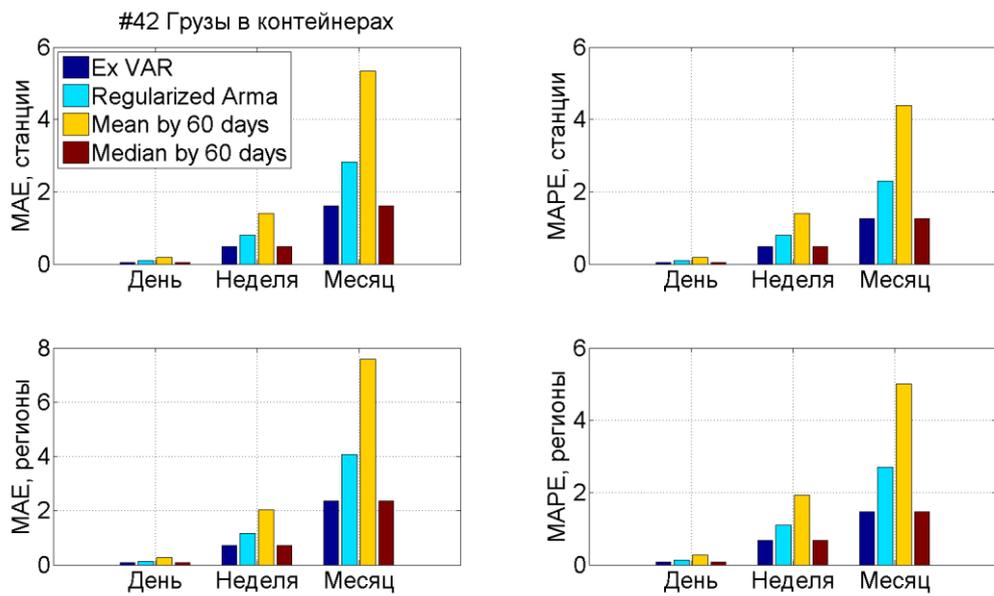


Рис. В.4.108. Тип груза #42 Грузы в контейнерах - Ошибка прогнозирования

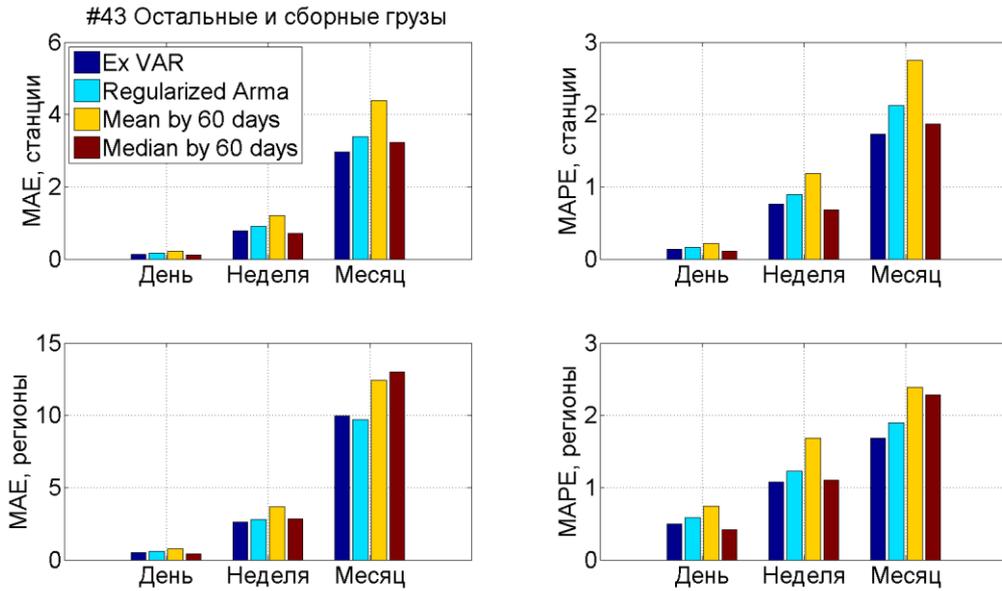


Рис. В.4.109. Тип груза #43 Остальные и сборные грузы - Ошибка прогнозирования

б) Ошибки прогнозирования MAE и MARE с детализацией по дням (Д), неделям (Н), месяцам (М), агрегированные по парам станций и регионов для всех типов грузов, вычисленных по формулам (10, 12, 14, 16, 18, 20) и (22, 24, 26, 28, 30, 32), соответственно, представлены в виде сводной таблицы – табл. В.4.2;

Таблица В.4.2 – Сводная таблица ошибок прогнозов объемов перевозок для всех типов грузов

|                   |       |        |         |                   |      |       |       |
|-------------------|-------|--------|---------|-------------------|------|-------|-------|
| #1 Каменный уголь |       |        |         |                   |      |       |       |
| MAE - Станции     | Д     | Н      | М       | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR            | 5,59  | 31,13  | 105,03  | Ex VAR            | 1,28 | 1,70  | 1,50  |
| Regularized Arma  | 5,80  | 34,13  | 108,40  | Regularized Arma  | 1,29 | 1,80  | 1,47  |
| Mean by 60 days   | 6,79  | 39,64  | 125,66  | Mean by 60 days   | 1,54 | 1,99  | 1,74  |
| Median by 60 days | 4,97  | 31,69  | 110,22  | Median by 60 days | 1,07 | 1,56  | 1,42  |
| MAE - Регионы     | Д     | Н      | М       | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR            | 17,64 | 95,51  | 307,89  | Ex VAR            | 1,48 | 1,58  | 1,24  |
| Regularized Arma  | 18,40 | 104,90 | 316,60  | Regularized Arma  | 1,49 | 1,67  | 1,20  |
| Mean by 60 days   | 20,12 | 107,99 | 321,61  | Mean by 60 days   | 1,71 | 1,73  | 1,33  |
| Median by 60 days | 16,92 | 108,50 | 365,73  | Median by 60 days | 1,27 | 1,54  | 1,31  |
| #2 Кокс           |       |        |         |                   |      |       |       |
| MAE - Станции     | Д     | Н      | М       | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR            | 8,33  | 41,68  | 113,52  | Ex VAR            | 2,11 | 7,40  | 0,67  |
| Regularized Arma  | 8,15  | 43,66  | 121,48  | Regularized Arma  | 1,58 | 5,18  | 0,63  |
| Mean by 60 days   | 9,35  | 49,04  | 162,48  | Mean by 60 days   | 2,28 | 8,32  | 1,02  |
| Median by 60 days | 8,46  | 44,20  | 147,67  | Median by 60 days | 2,02 | 7,36  | 0,89  |
| MAE - Регионы     | Д     | Н      | М       | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR            | 11,27 | 54,80  | 137,73  | Ex VAR            | 2,54 | 9,84  | 0,55  |
| Regularized Arma  | 11,09 | 58,82  | 161,09  | Regularized Arma  | 1,85 | 6,75  | 0,61  |
| Mean by 60 days   | 12,59 | 64,91  | 210,76  | Mean by 60 days   | 2,71 | 11,03 | 0,94  |
| Median by 60 days | 11,53 | 59,00  | 181,98  | Median by 60 days | 2,42 | 9,78  | 0,76  |
| #3 Нефть          |       |        |         |                   |      |       |       |
| MAE - Станции     | Д     | Н      | М       | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR            | 15,17 | 74,35  | 252,53  | Ex VAR            | 1,25 | 1,73  | 1,52  |
| Regularized Arma  | 14,49 | 71,19  | 243,73  | Regularized Arma  | 1,17 | 1,59  | 1,45  |
| Mean by 60 days   | 16,35 | 77,01  | 248,14  | Mean by 60 days   | 1,35 | 1,82  | 1,53  |
| Median by 60 days | 12,11 | 71,99  | 296,33  | Median by 60 days | 0,95 | 1,43  | 1,69  |
| MAE - Регионы     | Д     | Н      | М       | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR            | 48,65 | 243,71 | 800,39  | Ex VAR            | 0,87 | 1,30  | 1,02  |
| Regularized Arma  | 50,31 | 256,51 | 864,15  | Regularized Arma  | 0,87 | 1,23  | 1,01  |
| Mean by 60 days   | 51,47 | 247,24 | 693,99  | Mean by 60 days   | 0,92 | 1,39  | 0,89  |
| Median by 60 days | 51,96 | 320,62 | 1367,81 | Median by 60 days | 0,86 | 1,32  | 1,66  |
| #6 Флюсы          |       |        |         |                   |      |       |       |
| MAE - Станции     | Д     | Н      | М       | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR            | 0,58  | 3,48   | 14,12   | Ex VAR            | 0,08 | 0,20  | 0,80  |
| Regularized Arma  | 1,83  | 11,05  | 42,07   | Regularized Arma  | 1,41 | 8,58  | 21,31 |
| Mean by 60 days   | 1,24  | 7,76   | 21,14   | Mean by 60 days   | 0,73 | 4,19  | 8,00  |
| Median by 60 days | 0,58  | 3,48   | 14,12   | Median by 60 days | 0,08 | 0,20  | 0,80  |
| MAE - Регионы     | Д     | Н      | М       | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR            | 0,92  | 5,52   | 22,35   | Ex VAR            | 0,08 | 0,20  | 0,80  |
| Regularized Arma  | 2,89  | 17,49  | 66,62   | Regularized Arma  | 2,18 | 13,45 | 33,00 |
| Mean by 60 days   | 1,94  | 11,89  | 25,08   | Mean by 60 days   | 1,10 | 6,45  | 11,90 |

|                               |       |       |        |                   |      |      |      |
|-------------------------------|-------|-------|--------|-------------------|------|------|------|
| Median by 60 days             | 0,92  | 5,52  | 22,35  | Median by 60 days | 0,08 | 0,20 | 0,80 |
| #7 Руда железная              |       |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                 | Д     | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 4,29  | 26,45 | 92,33  | Ex VAR            | 1,58 | 1,95 | 2,18 |
| Regularized Arma              | 7,48  | 48,50 | 185,08 | Regularized Arma  | 3,19 | 3,36 | 3,89 |
| Mean by 60 days               | 4,49  | 26,76 | 90,20  | Mean by 60 days   | 1,67 | 1,95 | 2,19 |
| Median by 60 days             | 3,23  | 25,54 | 106,15 | Median by 60 days | 0,90 | 1,73 | 2,28 |
| MAE - Регионы                 | Д     | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 7,33  | 42,26 | 144,58 | Ex VAR            | 1,78 | 1,71 | 1,94 |
| Regularized Arma              | 12,97 | 80,10 | 300,63 | Regularized Arma  | 3,78 | 3,01 | 3,35 |
| Mean by 60 days               | 7,50  | 41,07 | 138,02 | Mean by 60 days   | 1,87 | 1,62 | 1,80 |
| Median by 60 days             | 5,75  | 45,50 | 189,14 | Median by 60 days | 0,92 | 1,73 | 2,28 |
| #8 Руда цветная               |       |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                 | Д     | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 1,68  | 8,89  | 39,28  | Ex VAR            | 0,79 | 1,26 | 2,05 |
| Regularized Arma              | 1,80  | 10,66 | 44,44  | Regularized Arma  | 0,82 | 1,64 | 2,43 |
| Mean by 60 days               | 2,41  | 12,59 | 43,86  | Mean by 60 days   | 1,32 | 2,70 | 2,60 |
| Median by 60 days             | 1,52  | 9,13  | 41,66  | Median by 60 days | 0,61 | 0,80 | 2,28 |
| MAE - Регионы                 | Д     | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 2,20  | 11,68 | 51,60  | Ex VAR            | 0,84 | 1,41 | 2,05 |
| Regularized Arma              | 2,32  | 13,40 | 51,65  | Regularized Arma  | 0,84 | 1,84 | 1,99 |
| Mean by 60 days               | 3,12  | 16,13 | 57,62  | Mean by 60 days   | 1,45 | 3,16 | 2,60 |
| Median by 60 days             | 2,00  | 11,99 | 54,72  | Median by 60 days | 0,62 | 0,80 | 2,28 |
| #9 Черные металлы             |       |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                 | Д     | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,18  | 1,09  | 4,36   | Ex VAR            | 0,18 | 0,93 | 2,26 |
| Regularized Arma              | 0,24  | 1,52  | 6,14   | Regularized Arma  | 0,24 | 1,32 | 3,47 |
| Mean by 60 days               | 0,52  | 3,27  | 13,13  | Mean by 60 days   | 0,52 | 2,94 | 6,91 |
| Median by 60 days             | 0,15  | 1,06  | 4,64   | Median by 60 days | 0,15 | 0,89 | 2,28 |
| MAE - Регионы                 | Д     | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,57  | 3,35  | 12,94  | Ex VAR            | 0,52 | 1,47 | 2,20 |
| Regularized Arma              | 0,72  | 4,45  | 14,89  | Regularized Arma  | 0,67 | 2,19 | 2,48 |
| Mean by 60 days               | 1,58  | 9,27  | 35,73  | Mean by 60 days   | 1,51 | 4,48 | 6,16 |
| Median by 60 days             | 0,48  | 3,30  | 14,40  | Median by 60 days | 0,43 | 1,37 | 2,28 |
| #10 Машины и оборудование     |       |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                 | Д     | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,04  | 0,30  | 1,42   | Ex VAR            | 0,04 | 0,30 | 1,39 |
| Regularized Arma              | 0,07  | 0,47  | 1,98   | Regularized Arma  | 0,07 | 0,47 | 1,94 |
| Mean by 60 days               | 0,08  | 0,53  | 2,21   | Mean by 60 days   | 0,08 | 0,53 | 2,16 |
| Median by 60 days             | 0,04  | 0,31  | 1,53   | Median by 60 days | 0,04 | 0,31 | 1,50 |
| MAE - Регионы                 | Д     | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,07  | 0,48  | 2,27   | Ex VAR            | 0,07 | 0,48 | 1,83 |
| Regularized Arma              | 0,11  | 0,74  | 2,92   | Regularized Arma  | 0,11 | 0,74 | 2,29 |
| Mean by 60 days               | 0,13  | 0,82  | 3,23   | Mean by 60 days   | 0,13 | 0,82 | 2,56 |
| Median by 60 days             | 0,07  | 0,50  | 2,46   | Median by 60 days | 0,07 | 0,50 | 1,97 |
| #11 Металлические конструкции |       |       |        |                   |      |      |      |

|                                 |       |       |        |                   |      |      |      |
|---------------------------------|-------|-------|--------|-------------------|------|------|------|
| MAE - Станции                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 0,14  | 0,83  | 4,43   | Ex VAR            | 0,14 | 0,65 | 2,79 |
| Regularized Arma                | 0,17  | 1,08  | 4,85   | Regularized Arma  | 0,17 | 0,89 | 3,16 |
| Mean by 60 days                 | 0,30  | 1,92  | 8,41   | Mean by 60 days   | 0,30 | 1,67 | 5,76 |
| Median by 60 days               | 0,10  | 0,59  | 3,58   | Median by 60 days | 0,10 | 0,42 | 2,21 |
| MAE - Регионы                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 0,29  | 1,69  | 8,60   | Ex VAR            | 0,27 | 0,98 | 2,66 |
| Regularized Arma                | 0,33  | 1,98  | 7,94   | Regularized Arma  | 0,31 | 1,35 | 2,63 |
| Mean by 60 days                 | 0,60  | 3,57  | 14,67  | Mean by 60 days   | 0,58 | 2,76 | 5,35 |
| Median by 60 days               | 0,21  | 1,24  | 7,46   | Median by 60 days | 0,19 | 0,59 | 2,28 |
| #12 Метизы                      |       |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 0,62  | 2,77  | 9,21   | Ex VAR            | 0,61 | 1,29 | 1,47 |
| Regularized Arma                | 0,62  | 2,73  | 9,05   | Regularized Arma  | 0,61 | 1,24 | 1,50 |
| Mean by 60 days                 | 0,74  | 3,26  | 9,35   | Mean by 60 days   | 0,73 | 1,55 | 1,64 |
| Median by 60 days               | 0,48  | 2,84  | 12,48  | Median by 60 days | 0,47 | 1,08 | 1,90 |
| MAE - Регионы                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 1,07  | 5,03  | 14,57  | Ex VAR            | 0,78 | 1,70 | 1,11 |
| Regularized Arma                | 1,10  | 4,90  | 15,34  | Regularized Arma  | 0,79 | 1,53 | 1,13 |
| Mean by 60 days                 | 1,31  | 5,98  | 14,84  | Mean by 60 days   | 0,99 | 2,13 | 1,20 |
| Median by 60 days               | 1,00  | 5,90  | 25,67  | Median by 60 days | 0,68 | 1,16 | 1,55 |
| #13 Лом черных металлов         |       |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 4,38  | 19,60 | 67,36  | Ex VAR            | 1,41 | 2,16 | 1,58 |
| Regularized Arma                | 4,93  | 25,27 | 92,94  | Regularized Arma  | 1,60 | 2,84 | 2,10 |
| Mean by 60 days                 | 4,35  | 19,40 | 66,80  | Mean by 60 days   | 1,45 | 2,25 | 1,69 |
| Median by 60 days               | 3,45  | 19,93 | 86,67  | Median by 60 days | 0,97 | 1,54 | 1,89 |
| MAE - Регионы                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 11,03 | 46,30 | 141,13 | Ex VAR            | 1,11 | 1,05 | 0,43 |
| Regularized Arma                | 12,22 | 59,54 | 234,33 | Regularized Arma  | 1,34 | 1,53 | 1,03 |
| Mean by 60 days                 | 11,54 | 49,54 | 150,35 | Mean by 60 days   | 1,22 | 1,17 | 0,73 |
| Median by 60 days               | 14,74 | 83,48 | 370,18 | Median by 60 days | 0,95 | 1,09 | 1,57 |
| #14 Сельскохозяйственные машины |       |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 0,16  | 0,86  | 4,95   | Ex VAR            | 0,16 | 0,68 | 2,55 |
| Regularized Arma                | 0,17  | 0,98  | 5,49   | Regularized Arma  | 0,17 | 0,78 | 2,74 |
| Mean by 60 days                 | 0,34  | 1,93  | 7,64   | Mean by 60 days   | 0,34 | 1,72 | 4,29 |
| Median by 60 days               | 0,12  | 0,75  | 4,75   | Median by 60 days | 0,12 | 0,58 | 2,28 |
| MAE - Регионы                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 0,35  | 1,85  | 10,47  | Ex VAR            | 0,33 | 0,99 | 2,43 |
| Regularized Arma                | 0,36  | 2,07  | 11,44  | Regularized Arma  | 0,34 | 1,10 | 2,55 |
| Mean by 60 days                 | 0,73  | 3,92  | 14,82  | Mean by 60 days   | 0,71 | 2,73 | 3,80 |
| Median by 60 days               | 0,27  | 1,65  | 10,53  | Median by 60 days | 0,25 | 0,80 | 2,28 |
| #15 Автомобили                  |       |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                   | Д     | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                          | 0,00  | 0,02  | 0,23   | Ex VAR            | 0,00 | 0,02 | 0,23 |

|  |      |       |        |                   |      |      |      |
|--|------|-------|--------|-------------------|------|------|------|
| Regularized Arma                       | 0,02 | 0,14  | 0,77   | Regularized Arma  | 0,02 | 0,14 | 0,77 |
| Mean by 60 days                        | 0,03 | 0,21  | 1,03   | Mean by 60 days   | 0,03 | 0,21 | 1,03 |
| Median by 60 days                      | 0,00 | 0,02  | 0,23   | Median by 60 days | 0,00 | 0,02 | 0,23 |
| MAE - Регионы                          | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                                 | 0,01 | 0,04  | 0,45   | Ex VAR            | 0,01 | 0,04 | 0,45 |
| Regularized Arma                       | 0,04 | 0,27  | 1,45   | Regularized Arma  | 0,04 | 0,27 | 1,45 |
| Mean by 60 days                        | 0,06 | 0,40  | 1,95   | Mean by 60 days   | 0,06 | 0,40 | 1,95 |
| Median by 60 days                      | 0,01 | 0,04  | 0,45   | Median by 60 days | 0,01 | 0,04 | 0,45 |
| #16 Цветные металлы                    |      |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                          | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                                 | 0,35 | 2,07  | 10,43  | Ex VAR            | 0,23 | 0,79 | 2,28 |
| Regularized Arma                       | 0,42 | 2,66  | 13,28  | Regularized Arma  | 0,31 | 1,23 | 3,77 |
| Mean by 60 days                        | 0,72 | 4,07  | 16,42  | Mean by 60 days   | 0,60 | 2,27 | 4,46 |
| Median by 60 days                      | 0,35 | 2,07  | 10,43  | Median by 60 days | 0,23 | 0,79 | 2,28 |
| MAE - Регионы                          | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                                 | 0,51 | 3,04  | 15,29  | Ex VAR            | 0,25 | 0,80 | 2,28 |
| Regularized Arma                       | 0,62 | 3,89  | 19,43  | Regularized Arma  | 0,35 | 1,35 | 3,77 |
| Mean by 60 days                        | 1,06 | 5,96  | 24,08  | Mean by 60 days   | 0,77 | 2,57 | 4,46 |
| Median by 60 days                      | 0,51 | 3,04  | 15,29  | Median by 60 days | 0,25 | 0,80 | 2,28 |
| #17 Химические и минеральные удобрения |      |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                          | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                                 | 0,36 | 2,44  | 12,47  | Ex VAR            | 0,30 | 1,43 | 2,15 |
| Regularized Arma                       | 0,43 | 2,66  | 12,07  | Regularized Arma  | 0,36 | 1,62 | 2,06 |
| Mean by 60 days                        | 1,01 | 6,01  | 21,42  | Mean by 60 days   | 0,93 | 4,15 | 3,85 |
| Median by 60 days                      | 0,30 | 2,20  | 13,03  | Median by 60 days | 0,24 | 1,23 | 2,28 |
| MAE - Регионы                          | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                                 | 0,56 | 3,57  | 18,61  | Ex VAR            | 0,39 | 1,69 | 1,96 |
| Regularized Arma                       | 0,64 | 3,39  | 14,97  | Regularized Arma  | 0,47 | 1,67 | 1,60 |
| Mean by 60 days                        | 1,47 | 7,62  | 28,58  | Mean by 60 days   | 1,28 | 4,56 | 3,25 |
| Median by 60 days                      | 0,48 | 3,56  | 21,03  | Median by 60 days | 0,31 | 1,62 | 2,28 |
| #18 Химикаты и сода                    |      |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                          | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                                 | 4,08 | 20,68 | 65,97  | Ex VAR            | 1,14 | 2,16 | 1,60 |
| Regularized Arma                       | 3,81 | 18,18 | 53,69  | Regularized Arma  | 1,08 | 2,10 | 1,50 |
| Mean by 60 days                        | 4,18 | 19,89 | 61,49  | Mean by 60 days   | 1,23 | 2,45 | 1,87 |
| Median by 60 days                      | 3,41 | 18,70 | 66,52  | Median by 60 days | 0,93 | 1,92 | 1,54 |
| MAE - Регионы                          | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                                 | 9,33 | 47,10 | 152,87 | Ex VAR            | 1,13 | 2,08 | 1,54 |
| Regularized Arma                       | 8,81 | 40,96 | 122,80 | Regularized Arma  | 1,08 | 2,01 | 1,44 |
| Mean by 60 days                        | 9,51 | 43,69 | 135,38 | Mean by 60 days   | 1,22 | 2,36 | 1,79 |
| Median by 60 days                      | 8,11 | 44,55 | 159,34 | Median by 60 days | 0,94 | 1,89 | 1,52 |
| #19 Строительные грузы                 |      |       |        |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                          | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                                 | 2,18 | 11,56 | 46,86  | Ex VAR            | 1,20 | 2,07 | 1,93 |
| Regularized Arma                       | 2,29 | 11,56 | 42,28  | Regularized Arma  | 1,26 | 2,17 | 1,85 |
| Mean by 60 days                        | 3,27 | 16,59 | 60,26  | Mean by 60 days   | 1,99 | 3,65 | 2,53 |

|                           |      |       |        |                   |      |      |       |
|---------------------------|------|-------|--------|-------------------|------|------|-------|
| Median by 60 days         | 1,84 | 10,39 | 47,67  | Median by 60 days | 0,98 | 1,60 | 2,09  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 6,88 | 38,13 | 148,00 | Ex VAR            | 1,07 | 1,46 | 1,29  |
| Regularized Arma          | 6,99 | 33,39 | 113,57 | Regularized Arma  | 1,14 | 1,29 | 0,96  |
| Mean by 60 days           | 9,60 | 46,81 | 182,11 | Mean by 60 days   | 2,27 | 2,53 | 1,60  |
| Median by 60 days         | 6,78 | 42,25 | 190,53 | Median by 60 days | 0,91 | 1,32 | 1,67  |
| #20 Промышленное сырье    |      |       |        |                   |      |      |       |
| MAE - Станции             | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,31 | 2,05  | 12,59  | Ex VAR            | 0,22 | 0,94 | 2,28  |
| Regularized Arma          | 0,44 | 2,53  | 14,66  | Regularized Arma  | 0,34 | 1,32 | 2,74  |
| Mean by 60 days           | 0,70 | 4,33  | 21,28  | Mean by 60 days   | 0,59 | 2,53 | 4,35  |
| Median by 60 days         | 0,31 | 2,05  | 12,59  | Median by 60 days | 0,22 | 0,94 | 2,28  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,49 | 3,25  | 19,97  | Ex VAR            | 0,28 | 1,08 | 2,28  |
| Regularized Arma          | 0,69 | 4,00  | 23,23  | Regularized Arma  | 0,47 | 1,63 | 2,74  |
| Mean by 60 days           | 1,10 | 6,66  | 33,31  | Mean by 60 days   | 0,85 | 3,12 | 4,31  |
| Median by 60 days         | 0,49 | 3,25  | 19,97  | Median by 60 days | 0,28 | 1,08 | 2,28  |
| #21 Шлаки гранулированные |      |       |        |                   |      |      |       |
| MAE - Станции             | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,26 | 1,58  | 5,26   | Ex VAR            | 0,12 | 0,30 | 0,33  |
| Regularized Arma          | 0,33 | 2,44  | 6,71   | Regularized Arma  | 0,20 | 1,30 | 2,76  |
| Mean by 60 days           | 0,56 | 3,30  | 12,59  | Mean by 60 days   | 0,41 | 1,91 | 7,08  |
| Median by 60 days         | 0,26 | 1,58  | 5,26   | Median by 60 days | 0,12 | 0,30 | 0,33  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,38 | 2,30  | 7,67   | Ex VAR            | 0,12 | 0,30 | 0,33  |
| Regularized Arma          | 0,48 | 3,55  | 9,78   | Regularized Arma  | 0,24 | 1,77 | 3,90  |
| Mean by 60 days           | 0,81 | 4,81  | 18,37  | Mean by 60 days   | 0,54 | 2,64 | 10,15 |
| Median by 60 days         | 0,38 | 2,30  | 7,67   | Median by 60 days | 0,12 | 0,30 | 0,33  |
| #22 Огнеупоры             |      |       |        |                   |      |      |       |
| MAE - Станции             | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,19 | 1,16  | 5,45   | Ex VAR            | 0,16 | 0,47 | 1,88  |
| Regularized Arma          | 0,24 | 1,64  | 6,97   | Regularized Arma  | 0,21 | 0,88 | 2,90  |
| Mean by 60 days           | 0,71 | 4,24  | 14,70  | Mean by 60 days   | 0,66 | 3,09 | 7,55  |
| Median by 60 days         | 0,19 | 1,16  | 5,45   | Median by 60 days | 0,16 | 0,47 | 1,88  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,29 | 1,74  | 8,17   | Ex VAR            | 0,20 | 0,50 | 2,28  |
| Regularized Arma          | 0,37 | 2,45  | 10,39  | Regularized Arma  | 0,27 | 1,07 | 3,60  |
| Mean by 60 days           | 1,06 | 6,17  | 20,56  | Mean by 60 days   | 0,94 | 4,10 | 8,97  |
| Median by 60 days         | 0,29 | 1,74  | 8,17   | Median by 60 days | 0,20 | 0,50 | 2,28  |
| #23 Цемент                |      |       |        |                   |      |      |       |
| MAE - Станции             | Д    | Н     | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,12 | 0,75  | 2,56   | Ex VAR            | 0,12 | 0,75 | 1,85  |
| Regularized Arma          | 0,10 | 0,79  | 3,62   | Regularized Arma  | 0,10 | 0,79 | 2,74  |
| Mean by 60 days           | 0,37 | 2,50  | 10,21  | Mean by 60 days   | 0,37 | 2,50 | 7,52  |
| Median by 60 days         | 0,08 | 0,62  | 2,98   | Median by 60 days | 0,08 | 0,62 | 2,28  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н     | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |

|                           |      |      |       |                   |      |      |       |
|---------------------------|------|------|-------|-------------------|------|------|-------|
| Ex VAR                    | 0,25 | 1,51 | 5,12  | Ex VAR            | 0,23 | 1,25 | 1,78  |
| Regularized Arma          | 0,21 | 1,54 | 5,90  | Regularized Arma  | 0,18 | 1,23 | 2,16  |
| Mean by 60 days           | 0,78 | 5,01 | 20,30 | Mean by 60 days   | 0,75 | 4,18 | 6,92  |
| Median by 60 days         | 0,17 | 1,34 | 6,40  | Median by 60 days | 0,14 | 1,05 | 2,28  |
| #24 Лесные грузы          |      |      |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции             | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,20 | 1,40 | 5,41  | Ex VAR            | 0,20 | 1,11 | 2,57  |
| Regularized Arma          | 0,34 | 2,45 | 9,27  | Regularized Arma  | 0,34 | 2,05 | 4,52  |
| Mean by 60 days           | 0,53 | 3,58 | 14,33 | Mean by 60 days   | 0,53 | 3,01 | 7,07  |
| Median by 60 days         | 0,14 | 1,05 | 5,06  | Median by 60 days | 0,14 | 0,78 | 2,28  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,46 | 3,16 | 11,63 | Ex VAR            | 0,40 | 1,93 | 2,39  |
| Regularized Arma          | 0,75 | 5,26 | 18,54 | Regularized Arma  | 0,69 | 3,72 | 3,98  |
| Mean by 60 days           | 1,17 | 7,31 | 27,51 | Mean by 60 days   | 1,10 | 5,19 | 6,01  |
| Median by 60 days         | 0,31 | 2,41 | 11,58 | Median by 60 days | 0,25 | 1,30 | 2,28  |
| #25 Сахар                 |      |      |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции             | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,15 | 1,11 | 5,34  | Ex VAR            | 0,15 | 0,85 | 2,64  |
| Regularized Arma          | 0,13 | 1,05 | 4,93  | Regularized Arma  | 0,13 | 0,81 | 2,39  |
| Mean by 60 days           | 0,51 | 3,53 | 15,76 | Mean by 60 days   | 0,50 | 3,01 | 9,01  |
| Median by 60 days         | 0,11 | 0,84 | 4,23  | Median by 60 days | 0,11 | 0,62 | 1,95  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,43 | 2,90 | 13,02 | Ex VAR            | 0,27 | 1,58 | 3,49  |
| Regularized Arma          | 0,39 | 2,97 | 13,79 | Regularized Arma  | 0,24 | 1,60 | 2,72  |
| Mean by 60 days           | 1,40 | 9,50 | 41,01 | Mean by 60 days   | 1,20 | 6,54 | 15,74 |
| Median by 60 days         | 0,32 | 2,44 | 12,26 | Median by 60 days | 0,17 | 1,16 | 2,21  |
| #26 Мясо и масло животное |      |      |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции             | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,05 | 0,34 | 1,16  | Ex VAR            | 0,05 | 0,30 | 0,59  |
| Regularized Arma          | 0,06 | 0,39 | 1,54  | Regularized Arma  | 0,06 | 0,35 | 0,93  |
| Mean by 60 days           | 0,27 | 1,74 | 7,19  | Mean by 60 days   | 0,27 | 1,67 | 5,65  |
| Median by 60 days         | 0,05 | 0,31 | 1,10  | Median by 60 days | 0,05 | 0,28 | 0,51  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,16 | 1,02 | 3,56  | Ex VAR            | 0,09 | 0,46 | 1,04  |
| Regularized Arma          | 0,19 | 1,15 | 4,41  | Regularized Arma  | 0,11 | 0,59 | 1,85  |
| Mean by 60 days           | 0,78 | 4,29 | 17,74 | Mean by 60 days   | 0,71 | 3,66 | 13,02 |
| Median by 60 days         | 0,16 | 0,96 | 3,35  | Median by 60 days | 0,08 | 0,40 | 0,80  |
| #27 Рыба                  |      |      |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции             | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,03 | 0,19 | 0,67  | Ex VAR            | 0,03 | 0,19 | 0,47  |
| Regularized Arma          | 0,07 | 0,45 | 1,83  | Regularized Arma  | 0,07 | 0,45 | 1,60  |
| Mean by 60 days           | 0,25 | 1,62 | 6,48  | Mean by 60 days   | 0,25 | 1,62 | 5,66  |
| Median by 60 days         | 0,03 | 0,19 | 0,67  | Median by 60 days | 0,03 | 0,19 | 0,47  |
| MAE - Регионы             | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR                    | 0,11 | 0,65 | 2,30  | Ex VAR            | 0,08 | 0,47 | 0,80  |
| Regularized Arma          | 0,22 | 1,36 | 5,53  | Regularized Arma  | 0,19 | 1,13 | 4,13  |

|   |      |       |       |                   |      |      |       |
|---|------|-------|-------|-------------------|------|------|-------|
| Mean by 60 days                               | 0,82 | 4,95  | 20,95 | Mean by 60 days   | 0,78 | 4,49 | 15,73 |
| Median by 60 days                             | 0,11 | 0,65  | 2,30  | Median by 60 days | 0,08 | 0,47 | 0,80  |
| #28 Картофель, овощи и фрукты                 |      |       |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции                                 | Д    | Н     | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR  | 0,32 | 1,68  | 8,14  | Ex VAR            | 0,24 | 0,89 | 3,11  |
| Regularized Arma                              | 0,37 | 1,96  | 6,51  | Regularized Arma  | 0,28 | 1,18 | 2,51  |
| Mean by 60 days                               | 0,49 | 2,42  | 8,51  | Mean by 60 days   | 0,40 | 1,53 | 3,39  |
| Median by 60 days                             | 0,23 | 1,39  | 7,06  | Median by 60 days | 0,15 | 0,60 | 2,28  |
| MAE - Регионы                                 | Д    | Н     | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR  | 0,62 | 2,97  | 13,29 | Ex VAR            | 0,32 | 1,11 | 2,90  |
| Regularized Arma                              | 0,69 | 3,63  | 10,13 | Regularized Arma  | 0,39 | 1,66 | 2,29  |
| Mean by 60 days                               | 0,92 | 3,75  | 12,74 | Mean by 60 days   | 0,62 | 2,07 | 3,10  |
| Median by 60 days                             | 0,45 | 2,68  | 13,62 | Median by 60 days | 0,15 | 0,60 | 2,28  |
| #29 Соль поваренная                           |      |       |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции                                 | Д    | Н     | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR  | 0,02 | 0,13  | 0,44  | Ex VAR            | 0,02 | 0,10 | 0,33  |
| Regularized Arma                              | 0,03 | 0,20  | 0,57  | Regularized Arma  | 0,03 | 0,17 | 0,46  |
| Mean by 60 days                               | 0,20 | 1,34  | 5,47  | Mean by 60 days   | 0,19 | 1,28 | 5,02  |
| Median by 60 days                             | 0,02 | 0,13  | 0,44  | Median by 60 days | 0,02 | 0,10 | 0,33  |
| MAE - Регионы                                 | Д    | Н     | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR  | 0,06 | 0,34  | 1,14  | Ex VAR            | 0,02 | 0,10 | 0,33  |
| Regularized Arma                              | 0,08 | 0,52  | 1,46  | Regularized Arma  | 0,04 | 0,27 | 0,70  |
| Mean by 60 days                               | 0,51 | 3,46  | 14,10 | Mean by 60 days   | 0,47 | 3,04 | 10,79 |
| Median by 60 days                             | 0,06 | 0,34  | 1,14  | Median by 60 days | 0,02 | 0,10 | 0,33  |
| #30 Остальные продовольственные товары        |      |       |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции                                 | Д    | Н     | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR  | 0,80 | 4,25  | 14,98 | Ex VAR            | 0,78 | 1,61 | 2,02  |
| Regularized Arma                              | 0,71 | 3,96  | 15,44 | Regularized Arma  | 0,69 | 1,35 | 2,05  |
| Mean by 60 days                               | 0,99 | 5,44  | 19,17 | Mean by 60 days   | 0,97 | 2,13 | 2,90  |
| Median by 60 days                             | 0,61 | 3,87  | 16,84 | Median by 60 days | 0,59 | 1,24 | 2,38  |
| MAE - Регионы                                 | Д    | Н     | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR  | 2,48 | 12,69 | 45,42 | Ex VAR            | 1,27 | 2,73 | 1,82  |
| Regularized Arma                              | 2,28 | 12,29 | 46,84 | Regularized Arma  | 1,10 | 2,02 | 1,78  |
| Mean by 60 days                               | 3,00 | 15,16 | 52,21 | Mean by 60 days   | 1,58 | 3,39 | 2,40  |
| Median by 60 days                             | 2,06 | 13,04 | 56,90 | Median by 60 days | 0,96 | 1,83 | 2,32  |
| #31 Промышленные товары народного потребления |      |       |       |                   |      |      |       |
| MAE - Станции                                 | Д    | Н     | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR  | 0,25 | 1,43  | 5,50  | Ex VAR            | 0,25 | 1,19 | 2,22  |
| Regularized Arma                              | 0,24 | 1,29  | 4,50  | Regularized Arma  | 0,24 | 1,10 | 1,86  |
| Mean by 60 days                               | 0,46 | 2,54  | 9,39  | Mean by 60 days   | 0,46 | 2,22 | 3,66  |
| Median by 60 days                             | 0,16 | 1,08  | 5,41  | Median by 60 days | 0,16 | 0,86 | 2,28  |
| MAE - Регионы                                 | Д    | Н     | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М     |
| Ex VAR  | 0,56 | 2,94  | 10,95 | Ex VAR            | 0,53 | 1,54 | 2,06  |
| Regularized Arma                              | 0,54 | 2,85  | 9,79  | Regularized Arma  | 0,51 | 1,62 | 1,83  |
| Mean by 60 days                               | 1,01 | 5,56  | 20,84 | Mean by 60 days   | 0,97 | 3,25 | 3,65  |
| Median by 60 days                             | 0,36 | 2,41  | 12,04 | Median by 60 days | 0,33 | 1,11 | 2,28  |

|                       |       |        |        |                   |      |       |       |
|-----------------------|-------|--------|--------|-------------------|------|-------|-------|
| #34 Зерно             |       |        |        |                   |      |       |       |
| MAE - Станции         | Д     | Н      | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                | 5,57  | 30,39  | 116,65 | Ex VAR            | 1,59 | 4,57  | 2,13  |
| Regularized Arma      | 5,25  | 30,38  | 137,02 | Regularized Arma  | 1,45 | 3,84  | 2,60  |
| Mean by 60 days       | 7,69  | 43,40  | 168,78 | Mean by 60 days   | 2,40 | 6,86  | 3,07  |
| Median by 60 days     | 4,10  | 25,56  | 133,01 | Median by 60 days | 0,89 | 1,56  | 2,28  |
| MAE - Регионы         | Д     | Н      | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                | 23,27 | 116,40 | 405,06 | Ex VAR            | 2,36 | 9,72  | 1,63  |
| Regularized Arma      | 22,49 | 123,26 | 539,70 | Regularized Arma  | 2,04 | 5,34  | 2,05  |
| Mean by 60 days       | 30,73 | 153,18 | 517,78 | Mean by 60 days   | 3,83 | 14,74 | 2,08  |
| Median by 60 days     | 19,75 | 123,17 | 641,09 | Median by 60 days | 0,94 | 1,73  | 2,28  |
| #35 Продукты перемола |       |        |        |                   |      |       |       |
| MAE - Станции         | Д     | Н      | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                | 0,63  | 3,44   | 12,24  | Ex VAR            | 0,62 | 1,62  | 1,97  |
| Regularized Arma      | 0,72  | 4,10   | 14,68  | Regularized Arma  | 0,71 | 1,97  | 2,62  |
| Mean by 60 days       | 1,00  | 5,84   | 20,94  | Mean by 60 days   | 0,98 | 2,76  | 3,58  |
| Median by 60 days     | 0,47  | 3,42   | 14,52  | Median by 60 days | 0,46 | 1,54  | 2,28  |
| MAE - Регионы         | Д     | Н      | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                | 2,00  | 9,81   | 33,35  | Ex VAR            | 1,09 | 1,49  | 1,55  |
| Regularized Arma      | 2,24  | 11,20  | 38,63  | Regularized Arma  | 1,24 | 1,78  | 1,95  |
| Mean by 60 days       | 2,88  | 13,80  | 44,18  | Mean by 60 days   | 1,73 | 2,25  | 2,22  |
| Median by 60 days     | 1,71  | 12,41  | 52,60  | Median by 60 days | 0,83 | 1,73  | 2,28  |
| #36 Комбикорма        |       |        |        |                   |      |       |       |
| MAE - Станции         | Д     | Н      | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                | 0,25  | 1,35   | 5,60   | Ex VAR            | 0,19 | 0,65  | 3,19  |
| Regularized Arma      | 0,27  | 1,46   | 6,38   | Regularized Arma  | 0,20 | 0,75  | 4,00  |
| Mean by 60 days       | 0,46  | 2,54   | 8,70   | Mean by 60 days   | 0,40 | 1,79  | 6,93  |
| Median by 60 days     | 0,19  | 1,13   | 4,76   | Median by 60 days | 0,12 | 0,39  | 1,60  |
| MAE - Регионы         | Д     | Н      | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                | 0,54  | 2,88   | 11,95  | Ex VAR            | 0,28 | 1,03  | 4,44  |
| Regularized Arma      | 0,58  | 3,10   | 13,58  | Regularized Arma  | 0,31 | 1,25  | 5,19  |
| Mean by 60 days       | 0,99  | 5,38   | 18,57  | Mean by 60 days   | 0,71 | 3,28  | 11,13 |
| Median by 60 days     | 0,40  | 2,42   | 10,15  | Median by 60 days | 0,13 | 0,40  | 1,81  |
| #38 Жмыхи             |       |        |        |                   |      |       |       |
| MAE - Станции         | Д     | Н      | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                | 0,37  | 1,50   | 7,49   | Ex VAR            | 0,28 | 0,80  | 1,60  |
| Regularized Arma      | 2,03  | 13,14  | 51,46  | Regularized Arma  | 1,88 | 9,83  | 12,89 |
| Mean by 60 days       | 0,73  | 4,07   | 17,27  | Mean by 60 days   | 0,63 | 2,63  | 3,78  |
| Median by 60 days     | 0,27  | 1,62   | 10,83  | Median by 60 days | 0,18 | 0,67  | 2,28  |
| MAE - Регионы         | Д     | Н      | М      | MAPE - Регионы    | Д    | Н     | М     |
| Ex VAR                | 0,70  | 2,85   | 14,20  | Ex VAR            | 0,39 | 1,07  | 1,60  |
| Regularized Arma      | 3,85  | 24,75  | 93,80  | Regularized Arma  | 3,28 | 14,66 | 12,44 |
| Mean by 60 days       | 1,36  | 6,75   | 25,76  | Mean by 60 days   | 1,00 | 3,46  | 3,09  |
| Median by 60 days     | 0,51  | 3,08   | 20,53  | Median by 60 days | 0,20 | 0,70  | 2,28  |
| #39 Бумага            |       |        |        |                   |      |       |       |
| MAE - Станции         | Д     | Н      | М      | MAPE - Станции    | Д    | Н     | М     |

|                               |      |      |       |                   |      |      |      |
|-------------------------------|------|------|-------|-------------------|------|------|------|
| Ex VAR                        | 0,09 | 0,57 | 4,53  | Ex VAR            | 0,09 | 0,41 | 2,00 |
| Regularized Arma              | 0,11 | 0,64 | 4,82  | Regularized Arma  | 0,10 | 0,47 | 2,17 |
| Mean by 60 days               | 0,18 | 1,11 | 6,46  | Mean by 60 days   | 0,18 | 0,91 | 3,24 |
| Median by 60 days             | 0,09 | 0,57 | 4,53  | Median by 60 days | 0,09 | 0,41 | 2,00 |
| MAE - Регионы                 | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,22 | 1,32 | 10,50 | Ex VAR            | 0,15 | 0,58 | 2,26 |
| Regularized Arma              | 0,25 | 1,49 | 11,13 | Regularized Arma  | 0,17 | 0,71 | 2,50 |
| Mean by 60 days               | 0,42 | 2,57 | 14,99 | Mean by 60 days   | 0,34 | 1,60 | 4,55 |
| Median by 60 days             | 0,22 | 1,32 | 10,50 | Median by 60 days | 0,15 | 0,58 | 2,26 |
| #42 Грузы в контейнерах       |      |      |       |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                 | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,05 | 0,49 | 1,61  | Ex VAR            | 0,05 | 0,49 | 1,26 |
| Regularized Arma              | 0,09 | 0,80 | 2,83  | Regularized Arma  | 0,09 | 0,80 | 2,30 |
| Mean by 60 days               | 0,18 | 1,40 | 5,34  | Mean by 60 days   | 0,18 | 1,40 | 4,39 |
| Median by 60 days             | 0,05 | 0,49 | 1,61  | Median by 60 days | 0,05 | 0,49 | 1,26 |
| MAE - Регионы                 | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,07 | 0,72 | 2,35  | Ex VAR            | 0,07 | 0,67 | 1,48 |
| Regularized Arma              | 0,13 | 1,16 | 4,08  | Regularized Arma  | 0,13 | 1,10 | 2,69 |
| Mean by 60 days               | 0,27 | 2,02 | 7,58  | Mean by 60 days   | 0,27 | 1,92 | 5,00 |
| Median by 60 days             | 0,07 | 0,72 | 2,35  | Median by 60 days | 0,07 | 0,67 | 1,48 |
| #43 Остальные и сборные грузы |      |      |       |                   |      |      |      |
| MAE - Станции                 | Д    | Н    | М     | MAPE - Станции    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,14 | 0,78 | 2,96  | Ex VAR            | 0,14 | 0,76 | 1,73 |
| Regularized Arma              | 0,16 | 0,91 | 3,39  | Regularized Arma  | 0,16 | 0,89 | 2,13 |
| Mean by 60 days               | 0,21 | 1,21 | 4,39  | Mean by 60 days   | 0,21 | 1,18 | 2,75 |
| Median by 60 days             | 0,11 | 0,71 | 3,24  | Median by 60 days | 0,11 | 0,69 | 1,87 |
| MAE - Регионы                 | Д    | Н    | М     | MAPE - Регионы    | Д    | Н    | М    |
| Ex VAR                        | 0,52 | 2,64 | 9,97  | Ex VAR            | 0,50 | 1,08 | 1,68 |
| Regularized Arma              | 0,61 | 2,80 | 9,70  | Regularized Arma  | 0,59 | 1,23 | 1,89 |
| Mean by 60 days               | 0,77 | 3,66 | 12,41 | Mean by 60 days   | 0,75 | 1,68 | 2,38 |
| Median by 60 days             | 0,43 | 2,83 | 13,00 | Median by 60 days | 0,41 | 1,11 | 2,28 |

7) Графики значений ошибок прогнозирования MAE и MAPE в ретроспективном разрезе с детализацией по дням, неделям, месяцам, агрегированных по парам станций и регионов и усредненных по всем типам грузов по формулам (33-34), представлены на рис. В.4.110 и рис. В.4.111, соответственно. На рис. В.4.110 – В.4.111 (а-в) приведены графики зависимости значений ошибок MAE от горизонта прогнозирования для пар станций и регионов соответственно, усредненных по всем типам грузов, по оси ординат отложены значения ошибок MAE, по оси абсцисс – горизонт прогнозирования в днях, неделях и месяцах соответственно; на рис. В.4.110 – В.4.111 (г-е) приведены графики зависимости значений ошибок MAPE от горизонта прогнозирования для пар станций и регионов

соответственно, усредненных по всем типам грузов, по оси абсцисс отложены значения ошибок MAPE, по оси ординат – горизонт прогнозирования в днях, неделях и месяцах соответственно.

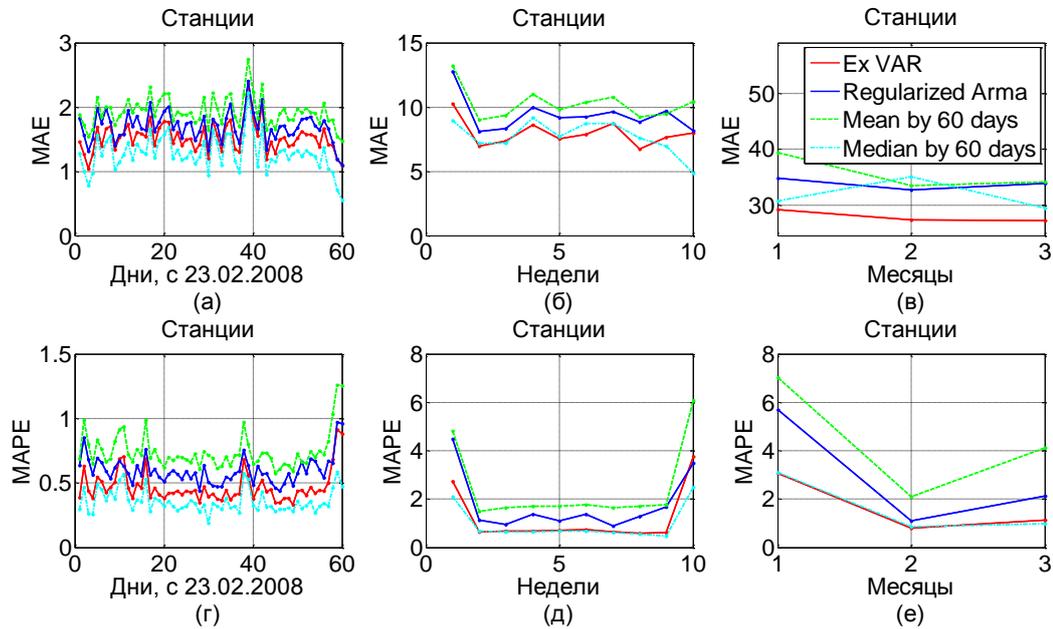


Рис. В.4.110. Значения ошибок прогнозирования MAE и MAPE в ретроспективном разрезе, усредненные по всем типам грузов для пар станций

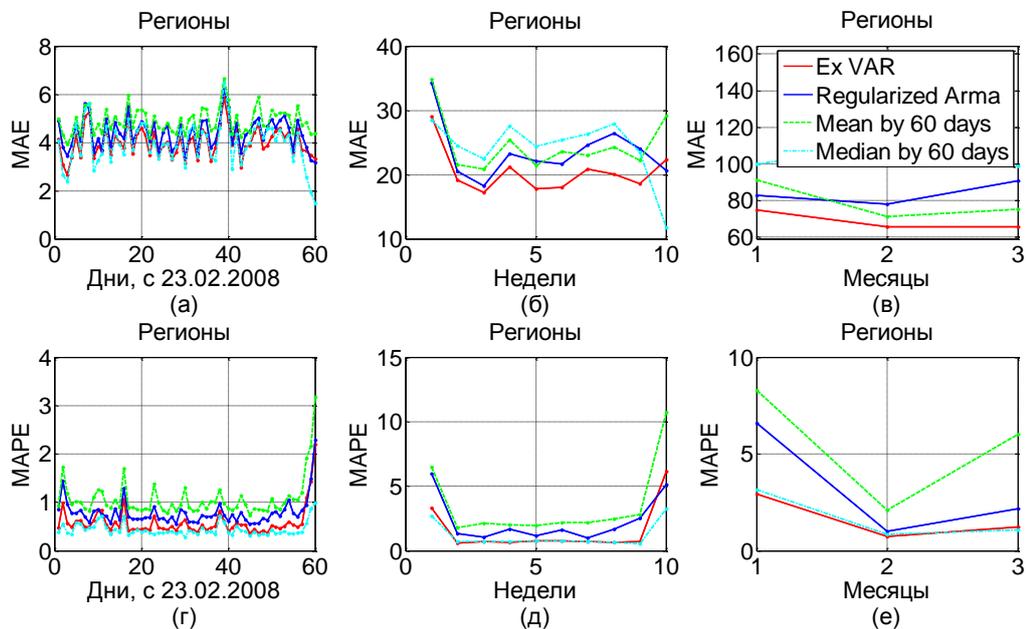


Рис. В.4.111. Значения ошибок прогнозирования MAE и MAPE в ретроспективном разрезе, усредненные по всем типам грузов для пар регионов

#### **В.4.2 Оценка результатов прогнозов**

В данном подразделе приводятся результаты оценки в соответствии с подразделом 1.1.2 Программы и методики проведения вычислительного эксперимента.

Из результатов, представленных в табл. В.4.2 и рис. В.4.74 – В.4.109 следует, что:

- в 42 из 72 случаев значение ошибки меньше значения ошибки для алгоритма ARMA для заданных исходных данных (значение ошибки MAE для пар станций и регионов с детализацией по дням);
- в 43 из 72 случаев значение ошибки меньше значения ошибки для алгоритма ARMA для заданных исходных данных (значение ошибки MAE для пар станций и регионов с детализацией по неделям);
- в 39 из 72 случаев значение ошибки меньше значения ошибки для алгоритма ARMA для заданных исходных данных (значение ошибки MAE для пар станций и регионов с детализацией по месяцам);
- в 42 из 72 случаев значение ошибки меньше значения ошибки для алгоритма ARMA для заданных исходных данных (значение ошибки MAPE для пар станций и регионов с детализацией по дням);
- в 43 из 72 случаев значение ошибки меньше значения ошибки для алгоритма ARMA для заданных исходных данных (значение ошибки MAPE для пар станций и регионов с детализацией по неделям);
- в 39 из 72 случаев значение ошибки меньше значения ошибки для алгоритма ARMA для заданных исходных данных (значение ошибки MAPE для пар станций и регионов с детализацией по месяцам).

#### **В.4.3 Выводы**

В этом разделе, выполненном в соответствии с пп. 2.1, 2.2, 3.2, 5.1 замечаний Эксперта, представлены результаты проведения серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки на модельных исходных данных объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки и экзогенных факторов с помощью макета модуля прогнозирования с использованием дополнительного набора экзогенных факторов.

Значения ошибок прогнозирования статистически не превосходят значения ошибок прогнозирования по модели ARMA.

Из сравнения результатов прогнозирования следует, что целесообразно использовать временные ряды экзогенных факторов, связанных с прогнозируемыми временными рядами.

Таким образом, все работы данного раздела, предусмотренные замечаниями Эксперта, выполнены полностью.

В основу методов анализа и сравнения прогностических моделей, а также разработанной математической модели и макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки, учитывающей влияние экзогенных факторов на объемы спроса на грузовые железнодорожные перевозки были положены теоретические результаты, полученные на предыдущих этапах (разделы 1 и 3, подраздел 2.1 Отчета о ПНИ за первый этап: «Аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей исследуемую научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ», «Постановка и анализ проблемы прогнозирования объемов спроса на ГЖДП с учетом влияния экзогенных факторов» и «Выявление и исследование экзогенных факторов, а также исследования их влияния на объемы спроса на грузовые железнодорожные перевозки», соответственно), (раздел 1 и подраздел 1.5.5 Отчета о ПНИ за второй этап: «Исследования по разработке математической модели прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки, учитывающей влияние экзогенных факторов на объемы спроса на грузовые железнодорожные перевозки, а также специфику бизнес-процессов и нормативов индустриального партнера» и «Анализ качества алгоритмов прогнозирования при наличии нестационарности», соответственно) и представленные в статье: Методы прогнозирования временных рядов. На примере железнодорожных грузоперевозок. / Ю. И. Журавлев, К. В. Рудаков, А. Д. Корчагин и др. // Вестник РАН, 2016. № 2, сс. 33–38.

**В.5 Проведение серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объёмов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с использованием макета модуля прогнозирования объёмов спроса на грузовые железнодорожные перевозки для сравнения значений спрогнозированных объёмов спроса на грузовые железнодорожные перевозки со значениями контрольной выборки данных об объемах спроса на грузовые железнодорожные перевозки и сравнения ошибки прогнозирования предложенной модели с ошибкой прогнозирования модели ARMA на контрольной выборке данных**

Представленные в этом разделе результаты вычислительных экспериментов на макете модуля прогнозирования ОСГП и сравнения этих результатов со значениями контрольной выборки данных об ОСГП, а также сравнения ошибок полученных прогнозов с ошибками прогнозирования на модели ARMA выполнены в соответствии с пп. 2.1, 2.2, 3.2, 5.1 замечаний Эксперта.

**В.5.1 Результаты вычислительных экспериментов**

1) Графики значений оценки точности относительно модели ARMA в ретроспективном разрезе для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям и месяцам, вычисленных по формулам (57-62), представлены на рис. В.5.1 и рис. В.5.2 соответственно. На рис. В.5.1 – В.5.2 (а-в) приведен график зависимости значений оценки точности MAE относительно модели ARMA в ретроспективном разрезе для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям и месяцам соответственно, по оси абсцисс отложен горизонт прогнозирования в днях, неделях и месяцах соответственно, по оси ординат – значения оценки точности относительно ARMA; на рис. В.5.1 – В.5.2 (г-е) приведен график зависимости значений оценки точности MAPE относительно модели ARMA в ретроспективном разрезе для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям и месяцам соответственно, по оси абсцисс отложен горизонт прогнозирования в днях, неделях и месяцах соответственно, по оси ординат – значения оценки точности относительно ARMA.

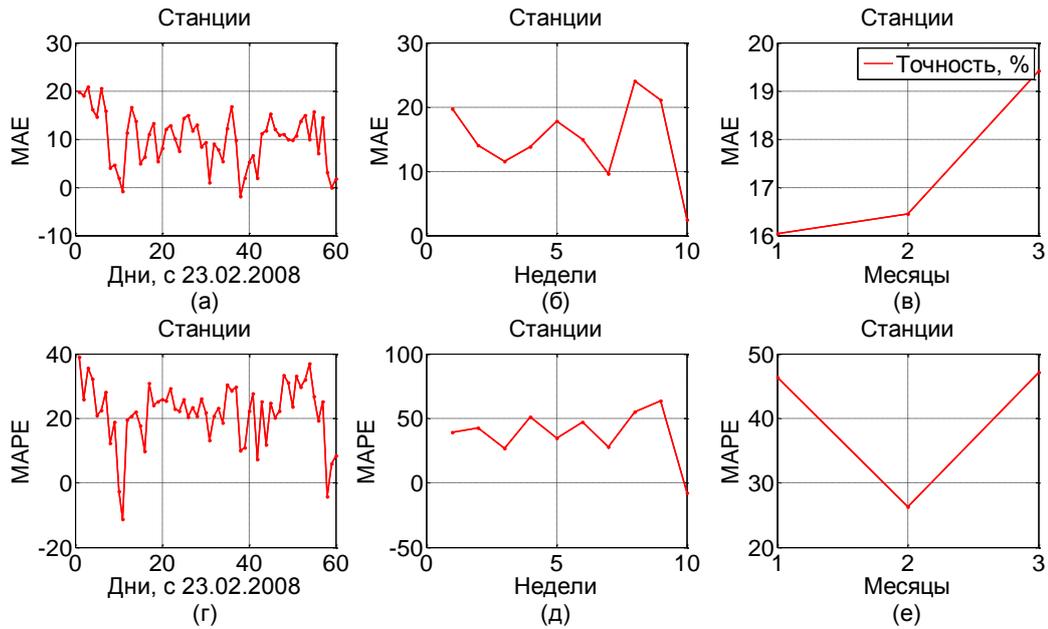


Рис. В.5.1. Сравнение точности относительно ARMA для пар станций

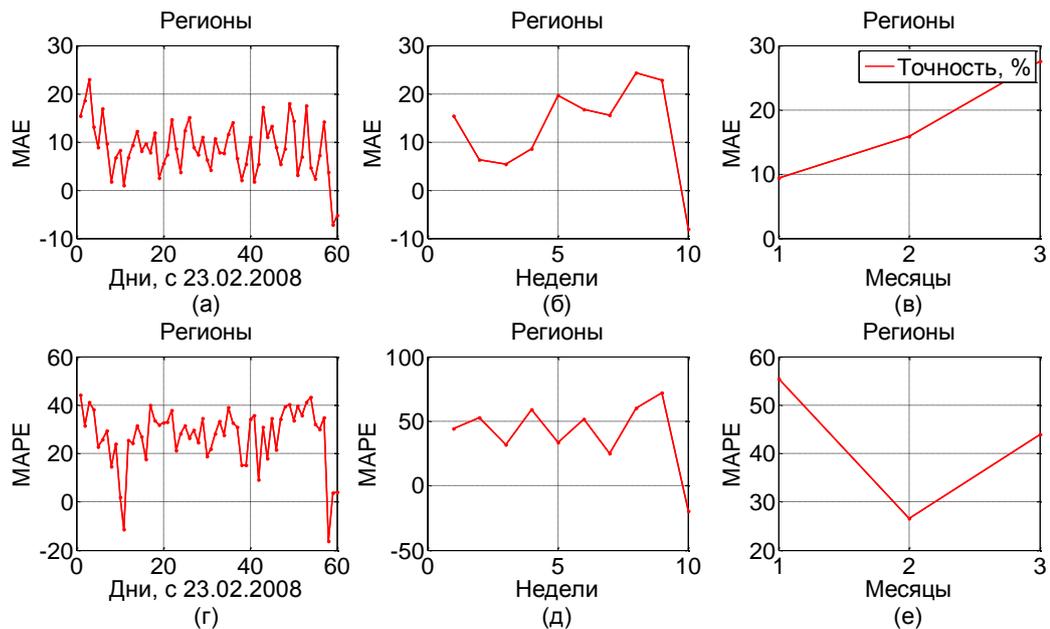


Рис. В.5.2. Сравнение точности относительно ARMA для пар регионов

2) Табличные значения оценки точности относительно модели ARMA для пар станции и регионов с детализацией по дням (Д), неделям (Н), месяцам (М), вычисленные по формулам (75-80) представлены в табл. В.5.1.

Таблица В.5.1 – Оценка точности для пар станций и регионов (%).

| Тип груза                                     | Станции |        |        | Регионы |        |        |
|---|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
|   | Д       | Н      | М      | Д       | Н      | М      |
| #1 Каменный уголь                             | 3,52    | 8,81   | 3,10   | 4,12    | 8,95   | 2,75   |
| #2 Кокс                                       | -2,13   | 4,54   | 6,55   | -1,57   | 6,83   | 14,50  |
| #3 Нефть                                      | -4,70   | -4,44  | -3,61  | 3,29    | 4,99   | 7,38   |
| #6 Флюсы                                      | 68,23   | 68,46  | 66,44  | 68,23   | 68,45  | 66,44  |
| #7 Руда железная                              | 42,68   | 45,45  | 50,11  | 43,50   | 47,24  | 51,91  |
| #8 Руда цветная                               | 6,51    | 16,60  | 11,62  | 4,82    | 12,83  | 0,09   |
| #9 Черные металлы                             | 23,20   | 28,01  | 29,04  | 20,33   | 24,80  | 13,08  |
| #10 Машины и оборудование                     | 36,10   | 35,37  | 28,54  | 35,92   | 34,12  | 22,25  |
| #11 Металлические конструкции                 | 15,72   | 22,49  | 8,55   | 12,98   | 14,53  | -8,33  |
| #12 Метизы                                    | 0,18    | -1,60  | -1,72  | 3,00    | -2,55  | 4,99   |
| #13 Лом черных металлов                       | 11,23   | 22,44  | 27,53  | 9,75    | 22,25  | 39,77  |
| #14 Сельскохозяйственные машины               | 4,86    | 12,04  | 9,97   | 4,01    | 10,37  | 8,46   |
| #15 Автомобили                                | 81,41   | 83,98  | 69,59  | 81,39   | 83,89  | 69,10  |
| #16 Цветные металлы                           | 18,08   | 21,94  | 21,51  | 18,05   | 21,83  | 21,31  |
| #17 Химические и минеральные удобрения        | 15,21   | 8,24   | -3,38  | 11,72   | -5,27  | -24,25 |
| #18 Химикаты и сода                           | -7,03   | -13,71 | -22,86 | -5,90   | -14,99 | -24,49 |
| #19 Строительные грузы                        | 4,53    | 0,05   | -10,83 | 1,61    | -14,22 | -30,32 |
| #20 Промышленное сырье                        | 29,48   | 19,00  | 14,11  | 29,47   | 18,94  | 14,00  |
| #21 Шлаки гранулированные                     | 20,44   | 35,28  | 21,60  | 20,44   | 35,28  | 21,60  |
| #22 Огнеупоры                                 | 20,99   | 29,32  | 21,92  | 20,95   | 29,12  | 21,36  |
| #23 Цемент                                    | -16,00  | 5,06   | 29,42  | -19,17  | 1,92   | 13,27  |
| #24 Лесные грузы                              | 40,08   | 42,75  | 41,65  | 39,07   | 40,03  | 37,28  |
| #25 Сахар                                     | -11,81  | -5,50  | -8,41  | -10,09  | 2,28   | 5,64   |
| #26 Мясо и масло животное                     | 12,97   | 14,21  | 24,41  | 12,31   | 10,84  | 19,32  |
| #27 Рыба                                      | 52,56   | 57,46  | 63,18  | 51,64   | 52,36  | 58,46  |
| #28 Картофель, овощи и фрукты                 | 11,96   | 14,32  | -25,17 | 11,40   | 18,16  | -31,21 |
| #29 Соль поваренная                           | 32,70   | 34,29  | 21,87  | 32,70   | 34,29  | 21,87  |
| #30 Остальные продовольственные товары        | -13,27  | -7,15  | 2,97   | -8,84   | -3,26  | 3,02   |
| #31 Промышленные товары народного потребления | -4,17   | -10,21 | -22,24 | -3,06   | -3,05  | -11,77 |
| #34 Зерно                                     | -6,21   | -0,05  | 14,86  | -3,47   | 5,57   | 24,95  |
| #35 Продукты перемола                         | 12,00   | 15,96  | 16,63  | 10,67   | 12,44  | 13,65  |
| #36 Комбикорма                                | 5,91    | 7,39   | 12,27  | 5,89    | 7,29   | 12,01  |
| #38 Жмыхи                                     | 81,95   | 88,57  | 85,44  | 81,92   | 88,50  | 84,86  |
| #39 Бумага                                    | 10,44   | 11,44  | 6,00   | 10,42   | 11,27  | 5,66   |
| #42 Грузы в контейнерах                       | 43,64   | 38,27  | 43,21  | 43,56   | 37,99  | 42,29  |
| #43 Остальные и сборные грузы                 | 15,38   | 15,09  | 12,75  | 14,09   | 5,79   | -2,75  |

3) Графики значений оценки точности относительно прогнозов модели ARMA, агрегированных для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям и месяцам для различных видов грузов, вычисленных по формулам (75-80) представлены на рис. В.5.3 – В.5.8 На рис. В.5.3 – В.5.8 приведены графики зависимости точности относительно модели ARMA для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям и месяцам соответственно; по оси абсцисс отложены значения кодов груза, по оси ординат – значения оценки точности относительно ARMA.

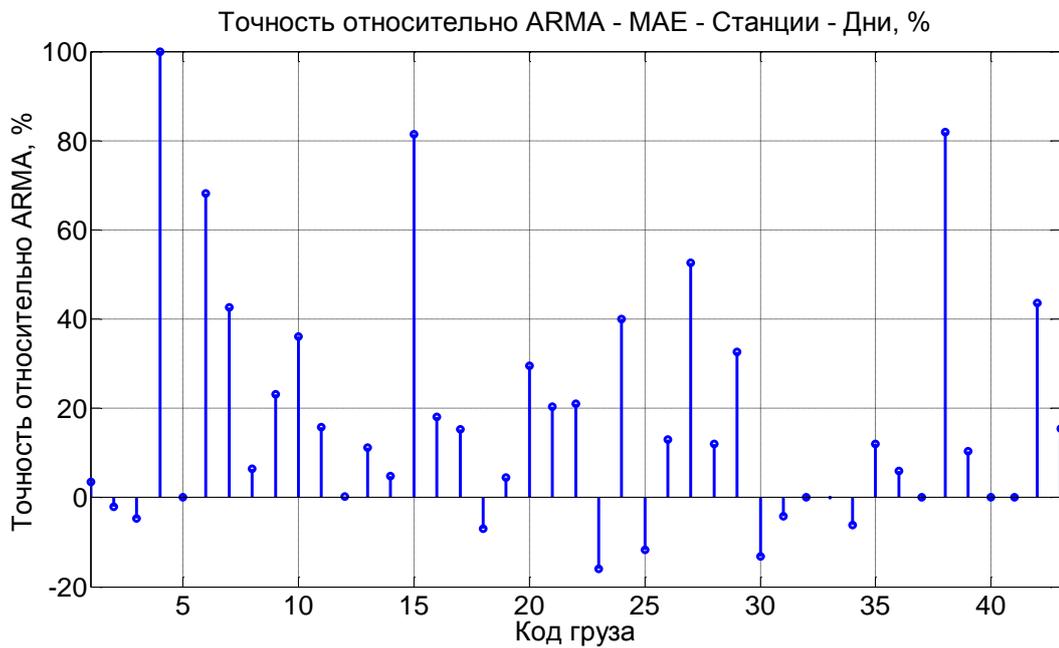


Рис. В.5.3. Оценка точности относительно модели ARMA  
для пар станций с детализацией по дням, %



Рис. В.5.4. Оценка точности относительно модели ARMA  
для пар станций с детализацией по неделям, %



Рис. В.5.5. Оценка точности относительно модели ARMA  
для пар станций с детализацией по месяцам, %

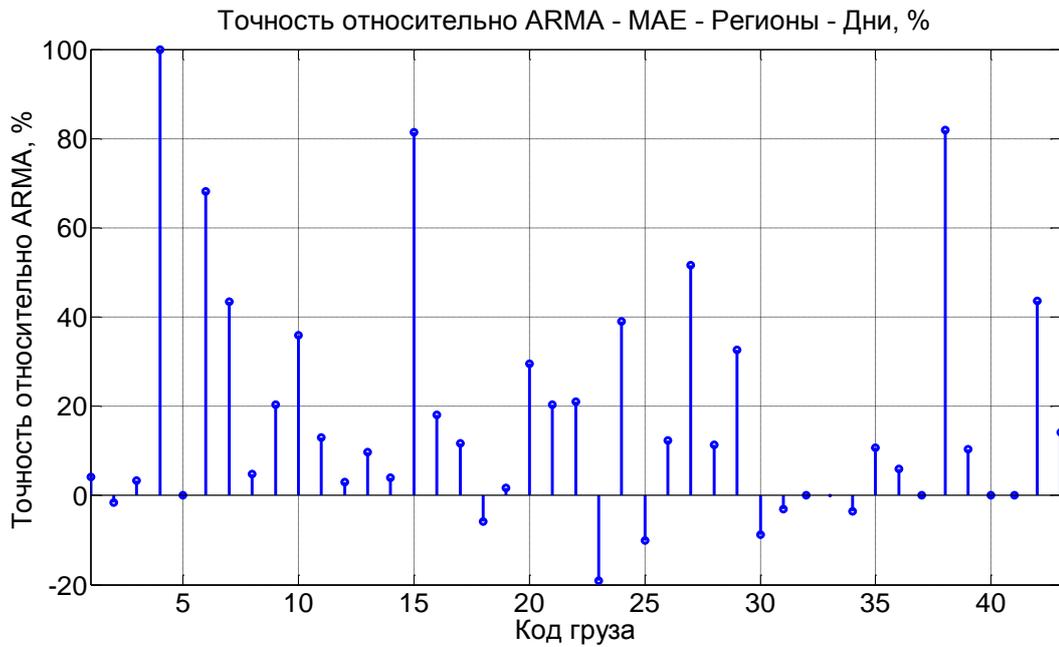


Рис. В.5.6. Оценка точности относительно модели ARMA для пар регионов с детализацией по дням, %

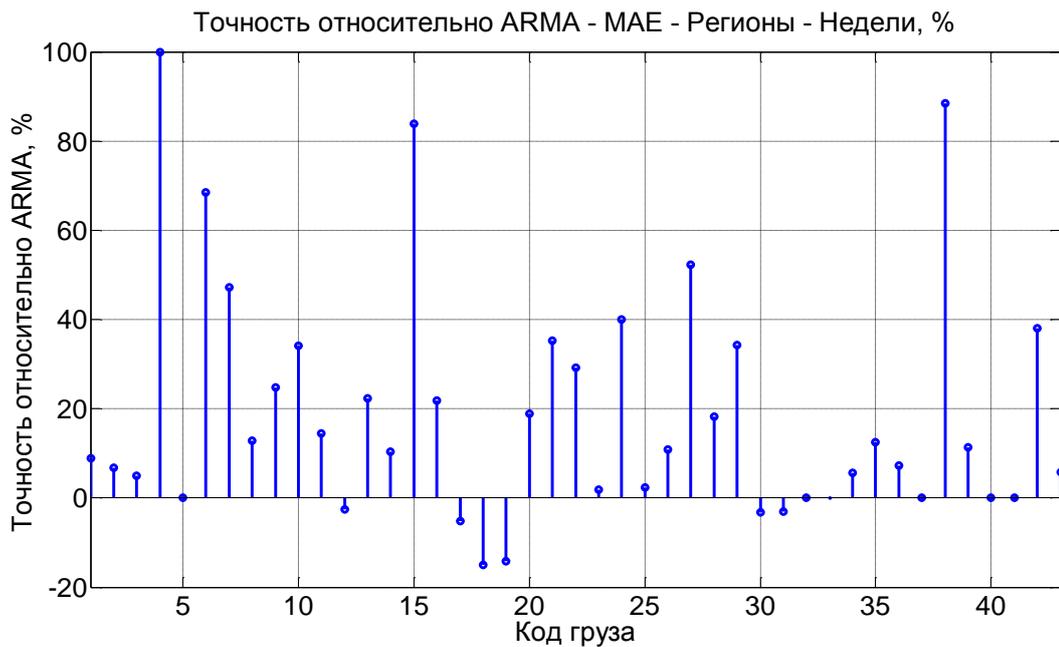


Рис. В.5.7. Оценка точности относительно модели ARMA для пар регионов с детализацией по неделям, %

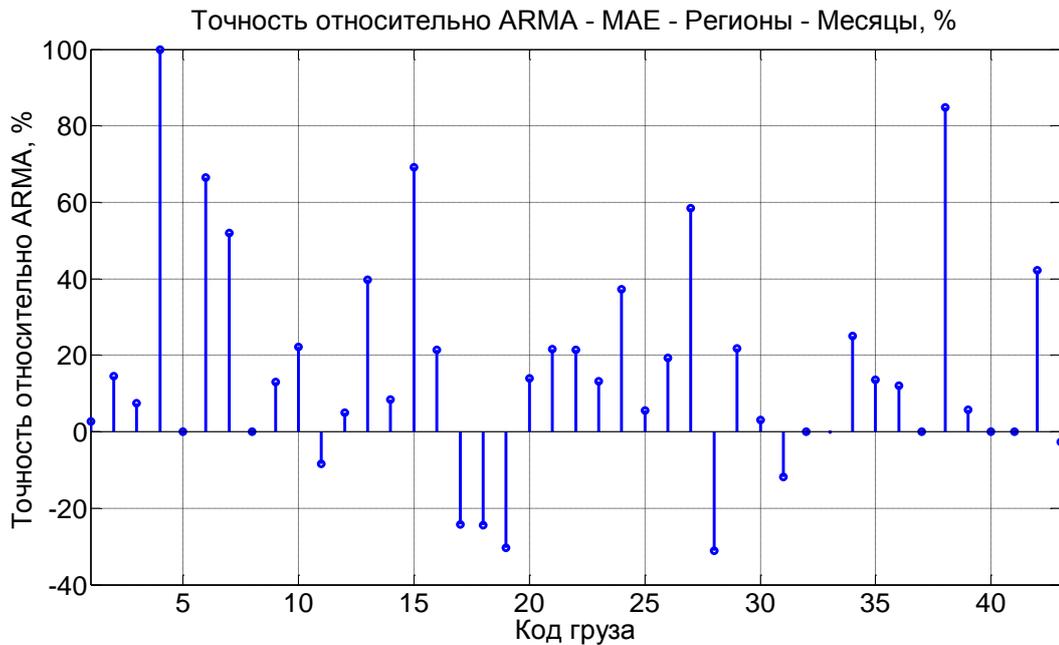


Рис. В.5.8. Оценка точности относительно модели ARMA для пар регионов с детализацией по месяцам, %

4) Табличные значения оценки точности относительно модели ARMA для пар станций и регионов, вычисленные по формулам (75-80) и отсортированные по убыванию оценки точности с детализацией по дням, неделям и месяцам представлены в табл. В.5.2 – В.5.4 соответственно. Результаты оценки точности для типов грузов «#33 Сахарная свекла и семена» и «#4 Торф» исключены из представленных в виду их низкой репрезентативности, связанной с наличием значительного количества нулевых значений объемов перевозок данного типа груза.

Таблица В.5.2. – Упорядоченные по убыванию с детализацией по дням оценки точности для пар станций и регионов (%).

| Станции                   | Точность, % | Регионы                   | Точность, % |
|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
| <i>1</i>                  |             | <i>2</i>                  |             |
| #38 Жмыхи                 | 81,95       | #38 Жмыхи                 | 81,92       |
| #15 Автомобили            | 81,41       | #15 Автомобили            | 81,39       |
| #6 Флюсы                  | 68,23       | #6 Флюсы                  | 68,23       |
| #27 Рыба                  | 52,56       | #27 Рыба                  | 51,64       |
| #42 Грузы в контейнерах   | 43,64       | #42 Грузы в контейнерах   | 43,56       |
| #7 Руда железная          | 42,68       | #7 Руда железная          | 43,50       |
| #24 Лесные грузы          | 40,08       | #24 Лесные грузы          | 39,07       |
| #10 Машины и оборудование | 36,10       | #10 Машины и оборудование | 35,92       |
| #29 Соль поваренная       | 32,70       | #29 Соль поваренная       | 32,70       |
| #20 Промышленное сырье    | 29,48       | #20 Промышленное сырье    | 29,47       |
| #9 Черные металлы         | 23,20       | #22 Огнеупоры             | 20,95       |

Таблица В.5.2. – Продолжение

| 1   |        | 2   |        |
|---|--------|---|--------|
| #22 Огнеупоры                                 | 20,99  | #21 Шлаки гранулированные                     | 20,44  |
| #21 Шлаки гранулированные                     | 20,44  | #9 Черные металлы                             | 20,33  |
| #16 Цветные металлы                           | 18,08  | #16 Цветные металлы                           | 18,05  |
| #11 Металлические конструкции                 | 15,72  | #43 Остальные и сборные грузы                 | 14,09  |
| #43 Остальные и сборные грузы                 | 15,38  | #11 Металлические конструкции                 | 12,98  |
| #17 Химические и минеральные удобрения        | 15,21  | #26 Мясо и масло животное                     | 12,31  |
| #26 Мясо и масло животное                     | 12,97  | #17 Химические и минеральные удобрения        | 11,72  |
| #35 Продукты перемола                         | 12,00  | #28 Картофель, овощи и фрукты                 | 11,40  |
| #28 Картофель, овощи и фрукты                 | 11,96  | #35 Продукты перемола                         | 10,67  |
| #13 Лом черных металлов                       | 11,23  | #39 Бумага                                    | 10,42  |
| #39 Бумага                                    | 10,44  | #13 Лом черных металлов                       | 9,75   |
| #8 Руда цветная                               | 6,51   | #36 Комбикорма                                | 5,89   |
| #36 Комбикорма                                | 5,91   | #8 Руда цветная                               | 4,82   |
| #14 Сельскохозяйственные машины               | 4,86   | #1 Каменный уголь                             | 4,12   |
| #19 Строительные грузы                        | 4,53   | #14 Сельскохозяйственные машины               | 4,01   |
| #1 Каменный уголь                             | 3,52   | #3 Нефть                                      | 3,29   |
| #12 Метизы                                    | 0,18   | #12 Метизы                                    | 3,00   |
| #2 Кокс                                       | -2,13  | #19 Строительные грузы                        | 1,61   |
| #31 Промышленные товары народного потребления | -4,17  | #2 Кокс                                       | -1,57  |
| #3 Нефть                                      | -4,70  | #31 Промышленные товары народного потребления | -3,06  |
| #34 Зерно                                     | -6,21  | #34 Зерно                                     | -3,47  |
| #18 Химикаты и сода                           | -7,03  | #18 Химикаты и сода                           | -5,90  |
| #25 Сахар                                     | -11,81 | #30 Остальные продовольственные товары        | -8,84  |
| #30 Остальные продовольственные товары        | -13,27 | #25 Сахар                                     | -10,09 |
| #23 Цемент                                    | -16,00 | #23 Цемент                                    | -19,17 |

Таблица В.5.3. – Упорядоченные по убыванию с детализацией по неделям оценки точности для пар станций и регионов (%).

| Станции                                       | Точность, % | Регионы                                       | Точность, % |
|---|-------------|---|-------------|
| #38 Жмыхи                                     | 88,57       | #38 Жмыхи                                     | 88,50       |
| #15 Автомобили                                | 83,98       | #15 Автомобили                                | 83,89       |
| #6 Флюсы                                      | 68,46       | #6 Флюсы                                      | 68,45       |
| #27 Рыба                                      | 57,46       | #27 Рыба                                      | 52,36       |
| #7 Руда железная                              | 45,45       | #7 Руда железная                              | 47,24       |
| #24 Лесные грузы                              | 42,75       | #24 Лесные грузы                              | 40,03       |
| #42 Грузы в контейнерах                       | 38,27       | #42 Грузы в контейнерах                       | 37,99       |
| #10 Машины и оборудование                     | 35,37       | #21 Шлаки гранулированные                     | 35,28       |
| #21 Шлаки гранулированные                     | 35,28       | #29 Соль поваренная                           | 34,29       |
| #29 Соль поваренная                           | 34,29       | #10 Машины и оборудование                     | 34,12       |
| #22 Огнеупоры                                 | 29,32       | #22 Огнеупоры                                 | 29,12       |
| #9 Черные металлы                             | 28,01       | #9 Черные металлы                             | 24,80       |
| #11 Металлические конструкции                 | 22,49       | #13 Лом черных металлов                       | 22,25       |
| #13 Лом черных металлов                       | 22,44       | #16 Цветные металлы                           | 21,83       |
| #16 Цветные металлы                           | 21,94       | #20 Промышленное сырье                        | 18,94       |
| #20 Промышленное сырье                        | 19,00       | #28 Картофель, овощи и фрукты                 | 18,16       |
| #8 Руда цветная                               | 16,60       | #11 Металлические конструкции                 | 14,53       |
| #35 Продукты перемола                         | 15,96       | #8 Руда цветная                               | 12,83       |
| #43 Остальные и сборные грузы                 | 15,09       | #35 Продукты перемола                         | 12,44       |
| #28 Картофель, овощи и фрукты                 | 14,32       | #39 Бумага                                    | 11,27       |
| #26 Мясо и масло животное                     | 14,21       | #26 Мясо и масло животное                     | 10,84       |
| #14 Сельскохозяйственные машины               | 12,04       | #14 Сельскохозяйственные машины               | 10,37       |
| #39 Бумага                                    | 11,44       | #1 Каменный уголь                             | 8,95        |
| #1 Каменный уголь                             | 8,81        | #36 Комбикорма                                | 7,29        |
| #17 Химические и минеральные удобрения        | 8,24        | #2 Кокс                                       | 6,83        |
| #36 Комбикорма                                | 7,39        | #43 Остальные и сборные грузы                 | 5,79        |
| #23 Цемент                                    | 5,06        | #34 Зерно                                     | 5,57        |
| #2 Кокс                                       | 4,54        | #3 Нефть                                      | 4,99        |
| #19 Строительные грузы                        | 0,05        | #25 Сахар                                     | 2,28        |
| #34 Зерно                                     | -0,05       | #23 Цемент                                    | 1,92        |
| #12 Метизы                                    | -1,60       | #12 Метизы                                    | -2,55       |
| #3 Нефть                                      | -4,44       | #31 Промышленные товары народного потребления | -3,05       |
| #25 Сахар                                     | -5,50       | #30 Остальные продовольственные товары        | -3,26       |
| #30 Остальные продовольственные товары        | -7,15       | #17 Химические и минеральные удобрения        | -5,27       |
| #31 Промышленные товары народного потребления | -10,21      | #19 Строительные грузы                        | -14,22      |
| #18 Химикаты и сода                           | -13,71      | #18 Химикаты и сода                           | -14,99      |

Таблица В.5.4. – Упорядоченные по убыванию с детализацией по месяцам  
оценки точности для пар станций и регионов (%).

| Станции                                       | Точность, % | Регионы                                       | Точность, % |
|---|-------------|---|-------------|
| #38 Жмыхи                                     | 85,44       | #38 Жмыхи                                     | 84,86       |
| #15 Автомобили                                | 69,59       | #15 Автомобили                                | 69,10       |
| #6 Флюсы                                      | 66,44       | #6 Флюсы                                      | 66,44       |
| #27 Рыба                                      | 63,18       | #27 Рыба                                      | 58,46       |
| #7 Руда железная                              | 50,11       | #7 Руда железная                              | 51,91       |
| #42 Грузы в контейнерах                       | 43,21       | #42 Грузы в контейнерах                       | 42,29       |
| #24 Лесные грузы                              | 41,65       | #13 Лом черных металлов                       | 39,77       |
| #23 Цемент                                    | 29,42       | #24 Лесные грузы                              | 37,28       |
| #9 Черные металлы                             | 29,04       | #34 Зерно                                     | 24,95       |
| #10 Машины и оборудование                     | 28,54       | #10 Машины и оборудование                     | 22,25       |
| #13 Лом черных металлов                       | 27,53       | #29 Соль поваренная                           | 21,87       |
| #26 Мясо и масло животное                     | 24,41       | #21 Шлаки гранулированные                     | 21,60       |
| #22 Огнеупоры                                 | 21,92       | #22 Огнеупоры                                 | 21,36       |
| #29 Соль поваренная                           | 21,87       | #16 Цветные металлы                           | 21,31       |
| #21 Шлаки гранулированные                     | 21,60       | #26 Мясо и масло животное                     | 19,32       |
| #16 Цветные металлы                           | 21,51       | #2 Кокс                                       | 14,50       |
| #35 Продукты перемола                         | 16,63       | #20 Промышленное сырье                        | 14,00       |
| #34 Зерно                                     | 14,86       | #35 Продукты перемола                         | 13,65       |
| #20 Промышленное сырье                        | 14,11       | #23 Цемент                                    | 13,27       |
| #43 Остальные и сборные грузы                 | 12,75       | #9 Черные металлы                             | 13,08       |
| #36 Комбикорма                                | 12,27       | #36 Комбикорма                                | 12,01       |
| #8 Руда цветная                               | 11,62       | #14 Сельскохозяйственные машины               | 8,46        |
| #14 Сельскохозяйственные машины               | 9,97        | #3 Нефть                                      | 7,38        |
| #11 Металлические конструкции                 | 8,55        | #39 Бумага                                    | 5,66        |
| #2 Кокс                                       | 6,55        | #25 Сахар                                     | 5,64        |
| #39 Бумага                                    | 6,00        | #12 Метизы                                    | 4,99        |
| #1 Каменный уголь                             | 3,10        | #30 Остальные продовольственные товары        | 3,02        |
| #30 Остальные продовольственные товары        | 2,97        | #1 Каменный уголь                             | 2,75        |
| #12 Метизы                                    | -1,72       | #8 Руда цветная                               | 0,09        |
| #17 Химические и минеральные удобрения        | -3,38       | #43 Остальные и сборные грузы                 | -2,75       |
| #3 Нефть                                      | -3,61       | #11 Металлические конструкции                 | -8,33       |
| #25 Сахар                                     | -8,41       | #31 Промышленные товары народного потребления | -11,77      |
| #19 Строительные грузы                        | -10,83      | #17 Химические и минеральные удобрения        | -24,25      |
| #31 Промышленные товары народного потребления | -22,24      | #18 Химикаты и сода                           | -24,49      |
| #18 Химикаты и сода                           | -22,86      | #19 Строительные грузы                        | -30,32      |
| #28 Картофель, овощи и фрукты                 | -25,17      | #28 Картофель, овощи и фрукты                 | -31,21      |

### **В.5.2 Оценка ошибок прогнозов, полученных с помощью модуля прогнозирования и по модели ARMA, относительно контрольной выборки данных об объемах спроса на ГП**

В данном подразделе приводятся результаты оценки по методике, описанной в п. 1.2.2 Программы и методики проведения вычислительного эксперимента.

Результат сравнения значений ошибок прогнозирования разработанного алгоритма с аналогичными результатами алгоритма ARMA для контрольной выборки данных приведен в подразделе В.4.2.

Вычисленные значения оценки точности результатов прогнозирования разработанного алгоритма относительно аналогичных результатов алгоритма ARMA для контрольной выборки данных представлен в табл. В.5.2 – В.5.4 и на рис. В.5.3 – В.5.8 для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям и месяцам соответственно. Относительная точность алгоритмов определена в соответствии методикой, представленной в подразделе 1.2.2.

Ранжированные значения точности разработанного алгоритма относительно ARMA для пар станций и регионов с детализацией по дням, неделям, месяцам приведены в табл. В.5.2 – В.5.4, соответственно. Положительным значениям точности соответствуют меньшие значения ошибки прогнозирования по сравнению с алгоритмом ARMA.

Результаты для типов грузов «#33 Сахарная свекла и семена» и «#4 Торф» исключены из представленных в виду их низкой репрезентативности, связанной с наличием значительного количество нулевых значений объемов перевозок данного типа груза.

Из результатов, представленных в табл. В.5.2 следует, что точность разработанного алгоритма превышает точность результатов, полученных по модели ARMA с детализацией по дням:

- для пар станций – для 28 типов грузов из 36 (77%);
- для пар регионов – для 29 типов грузов из 36 (80%).

Из результатов, представленных в табл. В.5.3 следует, что точность разработанного алгоритма превышает точность результатов, полученных по модели ARMA с детализацией по неделям:

- для пар станций – для 29 типов грузов из 36 (80%);
- для пар регионов – для 30 типов грузов из 36 (83%).

Из результатов, представленных в табл. В.5.4 следует, что точность разработанного алгоритма превышает точность результатов, полученных по модели ARMA с детализацией по месяцам:

- для пар станций – для 28 типов грузов из 36 (77%);
- для пар регионов – для 29 типов грузов из 36 (80%).

### **В.5.3 Выводы**

В этом разделе, выполненном в соответствии с пп. 2.1, 2.2, 3.2, 5.1 замечаний Эксперта, представлены результаты проведения серии вычислительных экспериментов по прогнозированию объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки с использованием макета модуля прогнозирования объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки для сравнения значения спрогнозированных объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки со значениями контрольной выборки данных об объемах спроса на грузовые железнодорожные перевозки и сравнения ошибки прогнозирования предложенной модели ARMA на контрольной выборке данных.

Значения ошибок прогнозирования статистически не превосходят значения ошибок прогнозирования по модели ARMA.

Из сравнения результатов прогнозирования следует, что целесообразно использовать временные ряды экзогенных факторов, связанных с прогнозируемыми временными рядами.

Также, при построении моделей прогнозирования целесообразно учитывать характер поведения прогнозируемого временного ряда и выбирать наиболее соответствующие, оказывающие наибольшее влияние, экзогенные факторы для каждого временного ряда.

Из сравнения результатов, представленных в табл. 3.1, табл. В.3.1 и табл. В.5.1, следует, что качество прогнозирования при использовании дополнительных экзогенных факторов, приведенных в табл. В.1.1, изменилось для отдельных типов груза по сравнению с наборами экзогенных факторов, представленных в табл. 1.2 и табл. В.3.1. Присутствуют изменения качества прогнозирования как в положительную, так и отрицательную стороны, что связано с различной степенью релевантности определенных типов груза и экзогенных факторов.

Из сравнения результатов прогнозирования с контрольной выборкой данных и аналогичными результатами по модели ARMA следует, что разработанный макет модуля прогнозирования целесообразно использовать для прогнозирования объемов перевозок для пар станций и регионов с детализацией по дням. Положительный результат при сравнении ошибок прогнозирования для предложенного алгоритма достигнут для 77% и 80% типов груза для пар станций и регионов с детализацией по дням соответственно.

Значения ошибок прогнозирования и оценки точности относительно модели ARMA зависят от качества исходных данных, но в целом, по результатам вычислительных экспериментов можно сделать вывод о статистическом превосходстве точности разработанного алгоритма с учетом экзогенных факторов по сравнению с результатами, полученными по модели ARMA.

Таким образом, все работы данного раздела, предусмотренные замечаниями Эксперта, выполнены полностью.

В основу решения задачи повышения качества прогнозирования временных рядов путем учета влияния экзогенных факторов и информации о реализации значений экзогенных временных рядов и разработанной математической модели прогнозирования были положены теоретические и практические результаты, полученные на предыдущих этапах (подраздел 1.5 Отчета о ПНИ за второй этап «Разработка и тестирование алгоритмов для выполнения алгебраических операций с гистограммами распределения значений объемов спроса на грузовые железнодорожные перевозки») и представленные в статье: А.П. Мотренко, К. В. Рудаков, В.В. Стрижов. Учет влияния экзогенных факторов при непараметрическом прогнозировании временных рядов // Вестник Московского Университета. Серия 15. Вычислительная Математика и Кибернетика, 2016, № 2. –12 с.











