



**Резниченко Валерий Анатольевич**

# **Лекция 3. Темпоральный SQL**

**Институт программных систем НАНУ**

## **СОДЕРЖАНИЕ**

---

-  Проблематика БД
-  Темпоральный SQL

## Что такое темпоральные БД

---

- ❖ Классическая БД – текущее актуальное состояние ПО
- ❖ Темпоральная БД – хранение всей предыстории изменения состояний ПО

## Исследования в области темпоральных БД

---

- ❖ Что такое время?
- ❖ Непрерывность и дискретность
- ❖ Плотность (всюду плотное, нет)
- ❖ Положительное, отрицательное
- ❖ Линейное, ветвящееся
- ❖ Что такое “сейчас”
- ❖ Темпоральная алгебра (операции)
- ❖ Темпоральное исчисление
- ❖ Темпоральные предикаты (условия)
- ❖ Темпоральные ФЗ и темпоральные нормальные формы

## Темпоральный SQL

---

- 📄 Предыстория создания
- 📄 Темпоральные типы данных в SQL
  - 📄 DATE
  - 📄 TIME
  - 📄 TIMESTAMP
  - 📄 INTERVAL
- 📄 Темпоральные расширения SQL: 2011
  - 📄 Периоды
  - 📄 Таблицы с прикладными периодами
  - 📄 Системно-версионные таблицы
  - 📄 Системно-версионные таблицы с прикладными периодами

## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Темпоральный SQL - предыстория

- ❖ **1980-1990-е** – исследования и экспериментальные разработки темпоральных баз данных
- ❖ **1995** – начало процедуры включения темпорального SQL в стандарт ИСО
  - ❖ Пионерские исследования коллектива под руководством Рика Снодграсса (Rick Snodgrass) из университета Аризоны (США).
  - ❖ Исследования Никоса Лорентоса (Nikos Lorentzos) из университета Афины, Греция (Великобритания).
- ❖ **1999** – стандарт SQL/Temporal не включен в SQL-99.
- ❖ **2000-2007** - ANSI и ISO прекратили деятельность по созданию стандарта SQL/Temporal
- ❖ **2008-2011** – вторая успешная попытка по стандартизации SQL/Temporal (предложения комитетов INCITS DM32.2 и ISO/IEC JTC1 SC32 WG3 )

## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Темпоральные типы данных в SQL:2011 - DATE

---

```
CREATE TABLE Person (  
    Birthday DATE,  
    HireDate DATE)
```

YEAR – для обозначения года – от 0001 до 9999

MONTH – для обозначения месяца – от 01 до 12

DAY – для обозначения дня – от 01 до 31

Литерал даты: DATE 'YYYY-MM-DD' Пример: DATE '2014-04-21'.

Поля литерала даты также ограничены правилами григорианского календаря, например, даты '1999-04-31' или '1990-02-29' являются неправильными.

## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Темпоральные типы данных в SQL:2011 - TIME

CREATE TABLE Lecture (  
Begin TIME,  
End TIME)

HOUR – для обозначения часа – от 00 до 23

MINUTE – для обозначения минуты – от 00 до 59

SECOND – для обозначения секунды – от 00 до **61**

**Литерал времени:** TIME 'HH:MI-SS' Пример TIME '14:12:37'.

Значения времени задаются в SQL относительно Всемирного координированного времени (Coordinated Universal Time -UTC).

**Дробная часть секунд** – 6 цифр после целой части

TIME '14:12:37.25' соответствует прибавлению 25 сотых секунды к литералу TIME '14:12:37'.

**Типы дробного времени** TIME, TIME(0), TIME(1), ..., TIME(6)



## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Темпоральные типы данных в SQL:2011 - TIMESTAMP

---

CREATE TABLE Process (  
Begin TIMESTAMP,  
End TIMESTAMP)

- YEAR – для обозначения года
- MONTH – для обозначения месяца
- DAY – для обозначения дня
- HOUR – для обозначения часа
- MINUTE – для обозначения минуты
- SECOND – для обозначения секунды.

**Литерал времени** TIMESTAMP 'YYYY-MM-DD HH:MI-SS',

Пример : TIMESTAMP '2014-04-21 14:12:37'

**Часовой пояс:**

TIME '14:12:37+2:00'

TIMESTAMP '2014-04-21 14:12:37+4:00'

**Дробная часть:** TIMESTAMP '2014-04-21 14:12:37.123456+4:00'

## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Темпоральные типы данных в SQL:2011 - INTERVAL

- ❖ **Интервал** – это временной промежуток: «три с половиной года», «90 дней и 13 часов», «5 минут и 30 секунд».
- ❖ **Интервал** – это непрерывный отрезок времени на временной оси.
- ❖ Он не привязан к конкретному расположению на временной оси и в этом смысле является **относительным**, в отличие от моментов времени, которые являются абсолютными.
- ❖ **Интервал** – это расстояние между двумя моментами времени и в связи с этим интервалы, в отличие от моментов времени, имеют **направление**.
- ❖ **Две синтаксические формы** представления литералов интервалов:
  - ❖ форма представления в виде год-месяц
  - ❖ форма представления в виде день-время
- ❖ Причина введения двух форм представления интервалов заключается в том, что в используемом григорианском календаре продолжительность месяцев меняется (от 28 до 31 дня)

## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Темпоральные типы данных в SQL:2011 – формы интервалов

❖ Формы представления литерала в виде **год-месяц** :

INTERVAL <литерал года> YEAR – INTERVAL '-317' YEAR

INTERVAL <литерал месяца> MONTH – INTERVAL '-348' MONTH

INTERVAL <литерал года-месяца> YEAR TO MONTH:

❖ Форма представления литерала интервала в виде **день-время** :

INTERVAL <литерал дня > DAY

INTERVAL <литерал часа> HOUR

INTERVAL <литерал минуты> MINUTE

INTERVAL <литерал секунды> SECOND

INTERVAL <литерал дня-часа > DAY TO HOUR

INTERVAL <литерал дня-часа-минуты> DAY TO MINUTE

INTERVAL <литерал дня-часа-минуты-секунды > DAY TO SECOND

INTERVAL <литерал часа-минуты > HOUR TO MINUTE

INTERVAL <литерал часа-минуты-секунды > HOUR TO SECOND

INTERVAL <литерал минуты-секунды > MINUTE TO SECOND

## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Арифметические операции со временем

1-й операнд	Операция	2-й операнд	Результат
дата-время	+ или -	интервал	дата-время
интервал	+	дата-время	дата-время
дата-время	-	дата-время	интервал
интервал	+ или -	интервал	интервал
интервал	* или /	число	интервал
число	*	интервал	интервал

TIME '12:45:00' + INTERVAL '90' MINUTES

CURRENT\_TIMESTAMP – INTERVAL '1' DAY

DATE '2014-04-21' + INTERVAL '12-11' YEAR TO MONTH

TIME '17:45:00' - TIME '10:37:00'

(TIME '14:19:37' – TIME '12:44:50') + INTERVAL '920' MINUTES

INTERVAL '73-11' YEAR TO MONTH \* 3

INTERVAL '12:43:18' HOUR TO SECOND / 6

## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Преобразование типов данных

ИЗ\В	Число	Строка	Дата	Время	Временная отметка	Интервал год-месяц	Интервал день-время
Число			-	-	-	ДА	ДА
Строка			ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
Дата	-	ДА	ДА	-	ДА	-	-
Время	-	ДА	-	ДА	ДА	-	-
Временная отметка	-	ДА	ДА	ДА	ДА	-	-
Интервал год-месяц	ДА	ДА	-	-	-	ДА	-
Интервал день-время	ДА	ДА	-	-	-	-	ДА

CAST ('10:00:00' AS TIME)

- строка во время

CAST ('2014-04-24' AS DATE)

- строка в дату

CAST ('3' AS INTERVAL YEAR)

- строка в интервал

CAST (INTERVAL '7' MINUTES AS NUMBER)

- интервал в число

## Темпоральные расширения SQL: 2011 - Периоды

- Основная идея темпоральности в SQL заключается в том, что со строками таблиц могут ассоциироваться временные промежутки, которые получили название *периодов* (periods).
- Периоды напоминают интервалы в том смысле, что и те и другие описывают промежутки времени.
- Однако их существенное различие заключается в том, что интервалы являются *относительными* промежуткам времени, то есть они не привязаны к конкретному расположению на временной оси, а периоды – *абсолютные* временные промежутки - их начало и конец определяются конкретными моментами времени на временной оси.
- Интервал – тип данных, период - НЕТ

## Темпоральные расширения SQL: 2011 - Периоды

- 📄 **Период** – это поименованная пара столбцов типа дата-время
- 📄 Предложения CREATE TABLE и ALTER TABLE обладают синтаксисом для создания, изменения и удаления определения периода.
- 📄 Имя периода относится к именам столбцов, то есть в пределах таблицы имя периода не может совпадать с именами столбцов.

```
EmpStart DATE,  
EmpEnd DATE,  
PERIOD FOR EmpPeriod (EmpStart, EmpEnd)
```

- 📄 Литерал периода задается с использованием следующего синтаксиса:

```
PERIOD (<литерал даты-времени 1>, <литерал даты-времени 2>)
```

```
PERIOD (<литерал даты времени>, <литерал интервала>)
```

```
Например: PERIOD (DATE '2010-01-01', DATE '2011-01-01')
```

## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Темпоральные расширения SQL: 2011 – предикаты периодов

---

- ❖ OVERLAPS – два периода имеют хотя бы одну общую временную точку
- ❖ CONTAINS – первый период содержит в себе второй период
- ❖ EQUALS – оба периода равны между собой
- ❖ PRECEDES – конечная точка первого периода меньше или равна начальной точке второго периода
- ❖ SUCCEEDS – начальная точка первого периода больше или равна конечной точке второго периода
- ❖ IMMEDIATELY PRECEDES – конечная точка первого периода совпадает с начальной точкой второго периода
- ❖ IMMEDIATELY SUCCEEDS – начальная точка первого периода совпадает с конечной точкой второго периода



## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Типы таблиц

SQL: 2011 предоставляет два измерения времени:

- ❖ **действительное время** (valid time) – период времени, в течение которого считается, что строка таблицы корректно отражает ситуацию ПО;
- ❖ **время транзакции** (transaction time) – период времени, в течение которого строка таблицы является зарегистрированной в базе данных.

В связи с этим выделяются следующие четыре разновидности таблиц:

- ❖ **Нетемпоральная таблица.** Обычная таблица, в которой сохраняется самая последняя актуальная информация. Какая-либо предыстория отсутствует
- ❖ **Таблица с прикладным периодом.** В этой таблице сохраняется предыстория изменения данных согласно их реальным изменениям в ПО.
- ❖ **Системно-версионная таблица.** В этой таблице фиксируется история изменения текущих данных ПО и самой системой (базой данных).
- ❖ **Системно-версионная таблица с прикладным периодом (бitemпоральная таблица).** Фиксируются обе предыстории изменения данных.

## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Таблица с прикладным периодом

```
CREATE TABLE Employees (  
EmpNo INTEGER, EmpStart DATE, EmpEnd DATE, EmpDept INTEGER,  
PERIOD FOR EmpPeriod (EmpStart, EmpEnd)
```

```
INSERT INTO Employees (EmpNo, EmpStart, EmpEnd, EmpDept)  
VALUES (15, DATE '2014-01-01', DATE '2014-04-12', 17),  
(27, DATE '2014-02-15', DATE '2014-05-17', 5)
```

EmpNo	EmpStart	EmpEnd	EmpDept
15	2014-01-01	2014-04-12	17
27	2014-02-15	2014-05-17	5

```
UPDATE Employees  
SET EmpDept = 3  
WHERE EmpNo = 15
```

EmpNo	EmpStart	EmpEnd	EmpDept
15	2014-01-01	2014-04-12	3
27	2014-02-15	2014-05-17	5

## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Таблица с прикладным периодом – обновление по периоду



## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Таблица с прикладным периодом – обновление по периоду

```
UPDATE Employees  
FOR PORTION OF EmpPeriod  
FROM DATE '2014-02-10' TO DATE '2014-03-15'  
SET EmpDept = 4  
WHERE EmpNo = 15
```

EmpNo	EmpStart	EmpEnd	EmpDept
15	2014-01-01	2014-02-10	3
15	2014-02-10	2014-03-15	4
15	2014-03-15	2014-04-12	3
27	2014-02-15	2014-05-17	5

- Также можно производить **обычное удаление** и **удаление по периоду**
- Первичные ключи могут содержать периоды – Ограничение целостности PRIMARY KEY

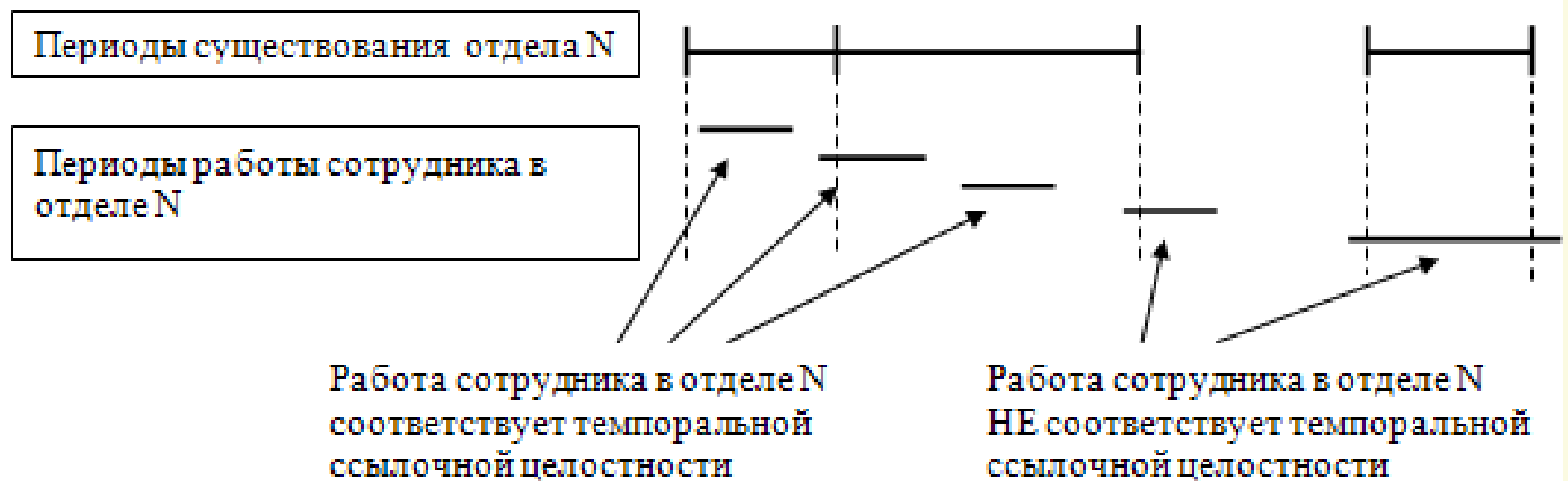
## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Таблица с прикладным периодом – FOREIGN KEY

FOREIGN KEY (EmpDept, PERIOD EmpPeriod)

REFERENCES Department (DeptNo, PERIOD DeptPeriod)

### Темпоральное ссылочное ограчение целостности



## Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

### Системно-версионные таблицы

- Это такая таблица, в которой помимо ее **текущего актуального** состояния хранится вся ее **предыстория**, имеется в виду предыстория существования каждой строки таблицы в базе данных.
- При создании строки фиксируется момент времени ее создания.
- При изменении строки она запоминается в предыстории при этом запоминается ее предыдущее значение вместе с датой ее создания и датой, до которой она оставалась такой, а также запоминается **новое измененное** значение вместе с датой, когда произошло изменение. Эта строка становится **текущей актуальной** строкой.
- Если строка удаляется, то она также запоминается вместе с датой ее удаления, и переходит в разряд **исторических**.
- Таким образом, любое изменение или удаление строки приводит к автоматическому запоминанию ее старого варианта.
- Для запоминания временных характеристик с каждой строкой, как и в таблице с прикладным периодом, ассоциируется временной период, однако пользователь НЕ может изменять его значения. Содержимым такого периода управляет система.

### Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL

#### Системно-версионные таблицы с прикладными периодами бимтемпоральные таблицы

---

```
CREATE TABLE Employees (  
  EmpName VARCHAR(50),  
  EmpDept INTEGER,  
  EmpStrat DATE,  
  EmpEnd DATE,  
  SystemStart TIMESTAMP(6) GENERATED ALWAYS AS ROW START,  
  SystemEnd  TIMESTAMP(6) GENERATED ALWAYS AS ROW END,  
  PERIOD FOR EmpPeriod (EmpStart, EmpEnd),  
  PERIOD FOR SYSTEM_TIME (SystemStart, SystemEnd),  
  PRIMARY KEY (EmpName, empPeriod WITHOUT OVERLAPS),  
  FOREIGN KEY (EmpDept, PERIOD EmpPeriod)  
    REFERENCES Departments (DeptNo, PERIOD DeptPeriod)  
  WITH SYSTEM VERSIONING
```

## *Лекция 3. Темпоральные БД и темпоральный SQL*

### **Литература**

---

В.А. Резниченко. Темпоральный SQL:2011. –  
Инженерія програмного забезпечення. –  
Том 15, № 3-4, 2013. – с. – 48-65