**Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Объектно-ориентированные базы данных»**

**Лабораторная работа 1**

Тема: Разработка объектно-ориентированной модели данных прикладной задачи.

Цель: Научиться разрабатывать объектно-ориентированную модель данных прикладной задачи.

Рассмотрим небольшой фрагмент задачи по ведению счета клиента банка: необходимо вести реестр клиентов, банковских счетов клиента (у каждого может быть несколько), операции по счету.

Выделим основные сущности:

Банк — содержит консолидированную информацию о клиентах, счетах, операциях.

Клиент — содержит персональные данные клиента, список принадлежащих ему счетов.

Счет — информация о номере счета, балансе счета.

Операция по счету — информация о счете, клиенте, времени транзакции, сумме по счету (отрицательная сумма означает списание средств).

Классы доступны по ссылке: https://github.com/ksenikeev/oodb/tree/master/src/main/java/ru/icmit/oodb/lab1

**Лабораторная работа 2**

Тема: JSON формат. Хранение и обработка объектов с использованием JSON формата.

JSON объект описывается в простом текстовом формате. Описание объекта расположено внутри пары фигурных скобок

{...}

Содержание описывается с помощью перечисления через запятую пар ключ=значение

{key1="value1", key2="value2"}

В качестве значения может выступать текст (заключается в двойные кавычки), число, вложенный объект, список (заключается в квадратные скобки [...]).

key="Text"

key="2019-10-15 12:23"

key=12345.67

key={key1="value1", key2="value2"}

key=["value1","value2"]

Пример работы с этим форматом доступен по ссылке:

https://github.com/ksenikeev/oodb/tree/master/src/main/java/ru/icmit/oodb/lab2

**Лабораторная работа 3**

Тема: XML формат. XSD схема. Хранение и обработка объектов с использованием XML формата.

XML (англ. eXtensible Markup Language) — расширяемый язык разметки, предназначенный для хранения и передачи данных.

С помощью XML описываются данные в виде структурированного документа. Документ состоит из элементов, каждый из которых начинается с открывающего тега и завершается закрывающим тегом

<tag\_name>**value**</tag\_name>

Между тегами указывается значение элемента. Каждый тег должен иметь закрывающую его пару.

Эемент может содержать атрибуты, которые перечисляются внутри открывающего тега:

<tag\_name atribute1="a\_value1" atribute2="a\_value1">**value**</tag\_name>

Значением элемента может выступать вложенный элемент.

<tag1>

<tag2>**value**</tag2>

</tag2>

Таким образом структура XML документа иерархическая, во главе иерархии находится корневой элемент.

При использовании вложенных структур закрывающие теги должны строго соответствовать порядку вложенности (т. е. Вложенный элемент должен закрыться раньше, чем закроется родительский элемент).

Пример XML документа, описывающего группу института:

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<institut>

<name>**ИВМиИТ**</name>

<groupp>

<name>09-751</name>

<year>2017</year>

<students>

<student>Bulat</student>

<student>Karina</student>

<student>Marat</student>

</students>

</groupp>

</institut>

Можно и так:

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<institut name="ИВМиИТ">

<groupp name="09-751" year="2017">

<students>

<student name="Bulat"/>

<student name="Karina"/>

<student name="Marat"/>

</students>

</groupp>

</institut>

Документы при этом не эквивалентны.

**Инструменты работы с XML**

Мы будем рассматривать JAXB (Java Architecture for XML Binding), технологию, позволяющую преобразовывать объект Java в XML документ, и обратно XML документ в объект Java.

В первом случае преобразование именуют «marshalling».

Обратное преобразование - «unmarshalling».

Преобразование объекта будем рассматривать на следующей структуре классов (в дополнение к описанию полей указаны аннотации, управляющие процессом преобразования):

**Bank.java**

**package** ru.icmit.oodb.lab3.model;

**import** javax.xml.bind.annotation.XmlElement;

**import** javax.xml.bind.annotation.XmlElementWrapper;

**import** javax.xml.bind.annotation.XmlRootElement;

**import** java.util.List;

@XmlRootElement(name = **"bank"**)

**public class** Bank {

**private** String **name**;

**private** List<Client> **clients**;

**private** List<Transaction> **transactions**;

**private** List<BankAccount> **bankAccounts**;

**public** String getName() {

**return name**;

}

**public void** setName(String name) {

**this**.**name** = name;

}

@XmlElementWrapper(name = **"clients"**)

@XmlElement(name = **"client"**)

**public** List<Client> getClients() {

**return clients**;

}

**public void** setClients(List<Client> clients) {

**this**.**clients** = clients;

}

@XmlElementWrapper(name = **"transactions"**)

@XmlElement(name = **"transaction"**)

**public** List<Transaction> getTransactions() {

**return transactions**;

}

**public void** setTransactions(List<Transaction> transactions) {

**this**.**transactions** = transactions;

}

@XmlElementWrapper(name = **"bankAccounts"**)

@XmlElement(name = **"bankAccount"**)

**public** List<BankAccount> getBankAccounts() {

**return bankAccounts**;

}

**public void** setBankAccounts(List<BankAccount> bankAccounts) {

**this**.**bankAccounts** = bankAccounts;

}

@Override

**public** String toString() {

**return "Bank: "** +

**"name='"** + **name** + **'\n'** +

**", clients="** + **clients** + **'\n'** +

**", transactions="** + **transactions** + **'\n'** +

**", bankAccounts="** + **bankAccounts**;

}

}

**Client.java**

**package** ru.icmit.oodb.lab3.model;

**import** javax.xml.bind.annotation.XmlElement;

**import** javax.xml.bind.annotation.XmlElementWrapper;

**import** java.util.List;

**public class** Client **extends** Person {

**public** Client(String firstName, String lastName, String phoneNumber, String email) {

**super**(firstName, lastName, phoneNumber, email);

}

**public** Client() {

}

**private** List<BankAccount> **accounts**;

@XmlElementWrapper(name = **"accounts"**)

@XmlElement(name = **"account"**)

**public** List<BankAccount> getAccounts() {

**return accounts**;

}

**public void** setAccounts(List<BankAccount> accounts) {

**this**.**accounts** = accounts;

}

@Override

**public** String toString() {

**return "Client: "** + getLastName() +

**", accounts="** + **accounts** +

**'\n'**;

}

}

**Person.java**

**package** ru.icmit.oodb.lab3.model;

**public class** Person {

**private** String **firstName**;

**private** String **lastName**;

**private** String **phoneNumber**;

**private** String **email**;

...

}

**Transaction.java**

**package** ru.icmit.oodb.lab3.model;

**import** java.util.Date;

**public class** Transaction {

**private** BankAccount **bancAccount**;

**private** Date **transactionDate**;

**private** Client **client**;

**private double amount**;

...

}

**BankAccount.java**

**package** ru.icmit.oodb.lab3.model;

**import** javax.xml.bind.annotation.XmlElement;

**public class** BankAccount {

**private long accountNumber**;

**private double balance**;

**public** BankAccount(**long** accountNumber) {

**this**.**accountNumber** = accountNumber;

**this**.**balance** = 0;

}

**public** BankAccount() {

}

@XmlElement(name = **"accountNumber"**)

**long** getAccountNumber() {

**return accountNumber**;

}

@XmlElement(name = **"balance"**)

**double** getBalance() {

**return balance**;

}

**public void** setAccountNumber(**long** accountNumber) {

**this**.**accountNumber** = accountNumber;

}

**public void** setBalance(**double** balance) {

**this**.**balance** = balance;

}

**protected void** increaseBalance(**double** cash) {

**this**.**balance** += cash;

}

**protected boolean** reduceBalance(**double** cash) {

**if** (**balance** < cash) {

**return false**;

} **else** {

**this**.**balance** -= cash;

**return true**;

}

}

@Override

**public** String toString() {

**return "BankAccount:"** +

**"accountNumber="** + **accountNumber** +

**", balance="** + **balance** +

**'\n'**;

}

}

Перечисленные выше классы описывают предметную область «Банк». Основной класс Bank содержит список клиентов (List<Client> **clients**), список расчетных счетов (List<BankAccount> **bankAccounts)**, список транзакций (List<Transaction> **transactions )**.

**Аннотации JAXB**

Наша задача — сохранить объект-Банк в XML файл bank.xml

Для указания корневого элемента XML документа мы используем аннотацию

@XmlRootElement(name = **"bank"**)

над определением класса Bank.

Для управляемого формирования элементов XML документа используют аннотации

@XmlElement(name = **"…"**), проставляемые над методом get...() соответствующего полю класса. Если аннотация не используется, то в качестве имени элемента будет использовано имя поля класса.

Списки удобно преобразовывать, используя элемент-обертку над набором одноименных элементов списка. В нашем случае мы хотим преобразовать в XML элемент поле List<Client> **clients**.

<clients>

<client>...</client>

<client>...</client>

...

<client>...</client>

</clients>

Такая структура формируется с помощью аннотаций:

@XmlElementWrapper(name = **"clients"**)

@XmlElement(name = **"client"**)

**public** List<Client> getClients() {

**return clients**;

}

Далее рассмотрим методы работы JAXB с подготовленными к преобразованию классами.

Основные методы преобразования описаны в классе Lab3XMLService

**package** ru.icmit.oodb.lab3;

**import** ru.icmit.oodb.lab3.model.Bank;

**import** javax.xml.bind.JAXBContext;

**import** javax.xml.bind.JAXBException;

**import** javax.xml.bind.Marshaller;

**import** javax.xml.bind.Unmarshaller;

**import** java.io.File;

**public class** Lab3XMLService {

*/\*\**

*\* метод saveBankData сохраняет объект типа Bank в XML документ*

*\*/*

**public static void** saveBankData(Bank bank) {

**try** {

JAXBContext context = JAXBContext.*newInstance*(Bank.**class**);

Marshaller marshaller = context.createMarshaller();

*// устанавливаем флаг для читабельного вывода XML в JAXB*

marshaller.setProperty(Marshaller.***JAXB\_FORMATTED\_OUTPUT***, Boolean.***TRUE***);

*// маршаллинг объекта в файл*

marshaller.marshal(bank, **new** File(**"bank.xml"**));

} **catch** (JAXBException e) {

e.printStackTrace();

}

}

*/\*\**

*\* Метод loadBankFromXML преобразует XML документ в объект типа Bank*

*\*/*

**public static** Bank loadBankFromXML() {

**try** {

*// создаем объект JAXBContext - точку входа для JAXB*

JAXBContext jaxbContext = JAXBContext.*newInstance*(Bank.**class**);

Unmarshaller un = jaxbContext.createUnmarshaller();

**return** (Bank) un.unmarshal(**new** File(**"bank.xml"**));

} **catch** (JAXBException e) {

e.printStackTrace();

}

**return null**;

}

}

**Следующий пример демонстрирует сохранения объекта в XML документ:**

**package** ru.icmit.oodb.lab3;

**import** ru.icmit.oodb.lab3.model.Bank;

**import** ru.icmit.oodb.lab3.model.BankAccount;

**import** ru.icmit.oodb.lab3.model.Client;

**import** java.util.ArrayList;

**import** java.util.List;

*/\*\**

*\* Пример, демонстрирующий сохранение (marshalling) объекта в XML документ*

*\*/*

**public class** Lab3MainSave {

**public static void** main(String[] args) {

*// Создаем объект банк*

Bank bank = **new** Bank();

*// Создаем объекты - клиенты банка*

Client client1 = **new** Client(**"Иван"**,**"Иванов"**,**""**,**""**);

Client client2 = **new** Client(**"Петр"**,**"Петров"**,**""**,**""**);

*// Добавляем объекту client1 расчетный счет*

BankAccount account = **new** BankAccount(1299876);

List<BankAccount> accounts = **new** ArrayList<>();

accounts.add(account);

client1.setAccounts(accounts);

List<Client> clients = **new** ArrayList<>();

clients.add(client1);

clients.add(client2);

*// Прикрепляем клиентов к банку*

bank.setClients(clients);

*// сохраняем объект в в XML документ*

Lab3XMLService.*saveBankData*(bank);

}

}

**Загрузка данных в объект из XML документа:**

**package** ru.icmit.oodb.lab3;

**import** ru.icmit.oodb.lab3.model.Bank;

**import** ru.icmit.oodb.lab3.model.BankAccount;

**import** ru.icmit.oodb.lab3.model.Client;

**import** java.util.ArrayList;

**import** java.util.List;

*/\*\**

*\* Пример, демонстрирующий преобразование XML документа в объект*

*\*/*

**public class** Lab3MainLoad {

**public static void** main(String[] args) {

Bank bank = Lab3XMLService.*loadBankFromXML*();

System.***out***.println(bank);

}

}

Примеры доступны по ссылке:

https://github.com/ksenikeev/oodb/tree/master/src/main/java/ru/icmit/oodb/lab3

# Java Architecture for XML Binding (JAXB),

<https://www.oracle.com/technical-resources/articles/javase/java-architecture-XML-binding.html>

**Лабораторная работа 4**

**Лабораторная работа 5**

Тема: пользовательские типы данных PostgreSQL

CREATE TYPE person AS (

firstname character varying (255),

lastname character varying (255),

middlename character varying (255),

gender char (1),

birthdate date

);

CREATE TYPE library\_reader AS (

reader person,

abonement\_number character varying (255),

recording\_date date

);

CREATE SEQUENCE library\_person\_seq;

CREATE TABLE library\_person (

id bigint default nextval('library\_person\_seq'),

client person,

CONSTRAINT library\_person\_pkey PRIMARY KEY (id)

);

CREATE SEQUENCE library\_client\_seq;

CREATE TABLE library\_client (

id bigint default nextval('library\_client\_seq'),

client library\_reader,

CONSTRAINT library\_client\_pkey PRIMARY KEY (id)

);

INSERT INTO library\_person (client) VALUES

(ROW('ИВАН','ИВАНОВ','ИВАНОВИЧ','М','2001-10-01'));

INSERT INTO library\_person (client) VALUES

(ROW('ПЕТР','ПЕТРОВ','ПЕТРОВИЧ','М','2000-02-11'));

INSERT INTO library\_person ( client.lastname, client.gender, client.firstname) VALUES

( 'ПОТАПОВА','Ж','ЖАННА');

UPDATE library\_person set client.birthdate = '1999-05-28' where

(client).lastname like 'ПЕТРОВ';

SELECT (client).firstname from library\_person;

<https://postgrespro.ru/docs/postgrespro/10/rowtypes>

**Лабораторная работа 6**

Тема: Анализ объектной модели данных.

**Лабораторная работа 7**

Тема: Принципы построения ORM.

Запрос к базе данных (PostgreSQL) извлекающий список таблиц:

SELECT

table\_name

FROM

information\_schema.tables

WHERE

table\_type = 'BASE TABLE'

AND

table\_schema NOT IN ('pg\_catalog', 'information\_schema');

Запрос к базе данных (PostgreSQL) извлекающий список полей указанной таблицы

SELECT a.attname

FROM pg\_catalog.pg\_attribute a

WHERE a.attrelid = (

SELECT c.oid FROM pg\_catalog.pg\_class c

LEFT JOIN pg\_catalog.pg\_namespace n ON n.oid = c.relnamespace

WHERE pg\_catalog.pg\_table\_is\_visible(c.oid) AND c.relname = '**TABLE\_NAME**'

)

AND a.attnum > 0 AND NOT a.attisdropped

**Лабораторная работа 8**

Тема: Управляющие конструкции ORM

**Лабораторная работа 9**

**Тема**: Принципы проектирования объектно-ориентированной БД с использованием спецификации JPA.

**Задание**: По имеющейся предметной области создать объектную модель данных с использованием требований спецификации JPA. Создать программу, генерирующую структуру реляционной БД в СУБД PostgreSQL.

Эта тема - начало описания решения проблемы долговременного хранения объектов (object persistence) в «промышленных» масштабах на базе технологии JPA.

Java Persistence API — спецификация (JSR 338: Java Persistence API, version 2.2), описывающая концепцию объектно-реляционного отображения (Object/Relational Mapping, ORM) на прикладном уровне. Спецификация описывает хранение информации, структурированной в объектной модели, в реляционной базе данных.

Такой способ хранения нельзя назвать естественным, но в силу большой распространенности и эффективности современных реляционных СУБД, концепция ORM преобладает над другими способами хранения объектно-ориентированных данных.

Имеет место и обратная ситуация — изначально представленные в реляционной модели сущности преобразуют в объекты для работы с ними на уровне реализации логики «бизнес»- процессов.

Мы будем исходить из определения данных в объектной модели. Реляционная модель будет строиться автоматически на основе указаний (удобнее давать их в виде аннотаций). Манипулирование данными будем осуществлять на уровне объектной модели. При необходимости оптимизации, будем рассматривать манипуляции данными на уровне реляционной модели.

Практическая работа будет осуществляться с помощью фреймворка Hibernate, реализующего спецификацию JPA.

**Проектирование объектной модели данных для работы с ORM**

Проектирование объектной модели данных для работы с ORM происходит с большой оглядкой на реляционную структуру. Для описания нюансов объектно-реляционного отображения мы будем использовать аннотации пакета javax.persistence.\*:

@Entity

@Table

@Id

@Column

@ManyToOne

@OneToOne

@OneToMany

и ряд других.

Опишем кратко назначение этих аннотаций.

@Entity — описание класса как сущности

@Id — описание члена класса как первичного ключа

@Column — детализирует свойства поля таблицы, представляющего член класса

@ManyToOne — описывает связь типа «многие-к-одному» посредством члена класса, типизированного связанным классом.

@OneToOne — описывает связь типа «один-к-одному» посредством члена класса, типизированного связанным классом.

@OneToMany — описывает связь типа «один-ко-многим» посредством списка значений, типизированного связанным классом.

**Пример объектно-ориентированной базы данных.**

Рассмотрим три связанных сущности Клиент — Счет — Транзакция.

class Account {

Client client;

String accountNumber;

}

class Client {

String name;

String passport;

String address;

}

class AccountTransaction {

Date transactionDate;

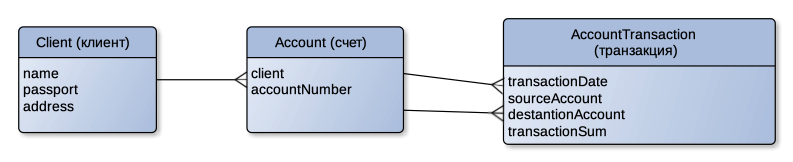
Account sourceAccount;

Account destantionAccount;

Double transationSum;

}

Диаграмма демонстрирует связи, впрочем достаточно очевидные из описания объектов:



Внесем дополнительные указания, которые позволят нам сохранять данные в реляционной БД (в приведенных ниже примерах опущены для краткости стандартные методы get... set...):

@Entity

public class Account {

@Id

private Long id;

@ManyToOne

private Client client;

@Column(length=20)

private String accountNumber;

...

}

@Entity

public class Client {

@Id

private Long id;

private String name;

private String passport;

private String address;

...

}

@Entity

public class AccountTransaction {

@Id

private Long id;

@Temporal(TemporalType.*TIMESTAMP*)

private Date transactionDate;

@ManyToOne

private Account sourceAccount;

@ManyToOne

private Account destantionAccount;

private Double transationSum;

...

}

Аннотация @Entity указывает JPA системе необходимость работы с классом как сущностью, представленной таблицей (по умолчанию имя таблицы совпадает с именем класса).

Несмотря на наличие потенциальных ключей в составе членов класса мы приняли решение использовать фиктивный целочисленный первичный ключ @Id private Long id; - такая унификация удобнее (но это совсем не обязательно, JPA позволяет использовать ключи других типов, в том числе и составные).

В классе AccountTransaction мы использовали аннотацию @Temporal над членом transactionDate, чтобы указать тип данных в реляционной БД для хранения значений этого поля.

Аннотация @ManyToOne формирует принцип работы на уровне БД с объектной ссылкой. Такая ссылка (представленная членом класса) трансформируется во внешний ключ. Например в классе Account имеется член client (@ManyToOne private Client client;). Тогда в соответствующей таблице account должно быть целочисленное поле client\_id.

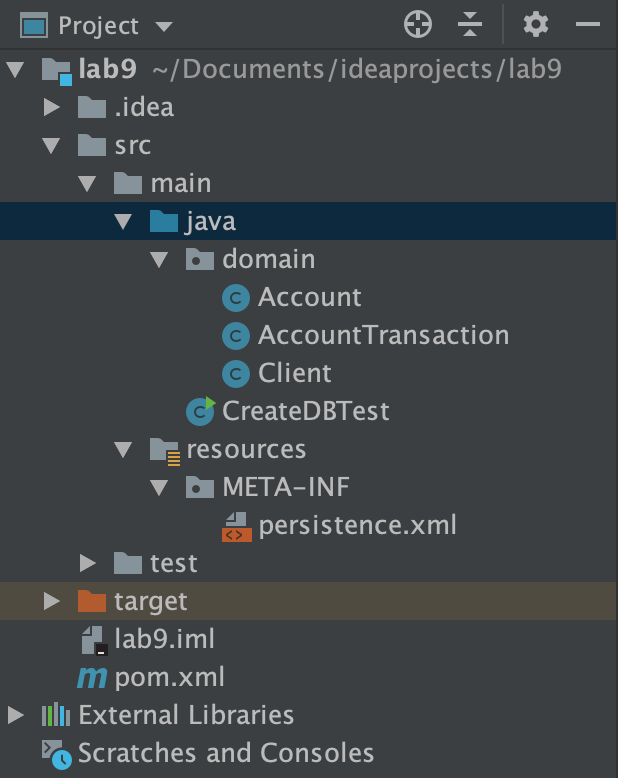
Связи типа «многие-ко-многим» и «один-ко-многим» в объектной модели могут быть представлены коллекциями:

@OneToMany

private Collection<Account> accounts;

**Рассмотрим программу, которая создаст базу данных по имеющемуся описанию объектной модели.**

Структура maven проекта представлена на рисунке ниже:



pom.xml:

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<project xmlns="http://maven.apache.org/POM/4.0.0"

xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"

xsi:schemaLocation="http://maven.apache.org/POM/4.0.0 http://maven.apache.org/xsd/maven-4.0.0.xsd">

<modelVersion>4.0.0</modelVersion>

<groupId>ru.icmit.oodb.lab9</groupId>

<artifactId>lab9</artifactId>

<version>1.0-SNAPSHOT</version>

<dependencies>

<dependency>

<groupId>org.postgresql</groupId>

<artifactId>postgresql</artifactId>

<version>42.2.6.jre7</version>

</dependency>

<dependency>

<groupId>org.hibernate</groupId>

<artifactId>hibernate-entitymanager</artifactId>

<version>5.4.3.Final</version>

</dependency>

</dependencies>

<build>

<plugins>

<plugin>

<groupId>org.apache.maven.plugins</groupId>

<artifactId>maven-compiler-plugin</artifactId>

<configuration>

<source>1.8</source>

<target>1.8</target>

</configuration>

</plugin>

</plugins>

</build>

</project>

Задание параметров JPA (таких как имя базы данных, пользователь, JDBC драйвер …) можно осуществить несколькими способами. Один из них — создать в папке META-INF конфигурационный файл persistence.xml

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<persistence xmlns="http://xmlns.jcp.org/xml/ns/persistence" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"

xsi:schemaLocation="http://xmlns.jcp.org/xml/ns/persistence

http://xmlns.jcp.org/xml/ns/persistence/persistence\_2\_2.xsd" version="2.2">

<persistence-unit name="lab9">

<provider>org.hibernate.jpa.HibernatePersistenceProvider</provider>

<properties>

<property name="javax.persistence.jdbc.driver" value="org.postgresql.Driver"/>

<property name="javax.persistence.jdbc.url" value="jdbc:postgresql://127.0.0.1:5432/lab9"/>

<property name="javax.persistence.jdbc.user" value="postgres"/>

<property name="javax.persistence.jdbc.password" value="post"/>

<property name="hibernate.show\_sql" value="true"/>

<property name="hibernate.hbm2ddl.auto" value="update"/> <!-- none, create -->

</properties>

</persistence-unit>

</persistence>

В этом файле важно правильно задать:

имя модуля ( параметр persistence-unit)

имя базы данных (в параметре javax.persistence.jdbc.url)

имя пользователя и пароль

режим автоматической генерации структуры БД (hibernate.hbm2ddl.auto); мы поставили update, что означает автоматическое изменение структуры при изменении объектной модели.

Сама программа:

import javax.persistence.EntityManagerFactory;

import javax.persistence.Persistence;

public class CreateDBTest {

public static void main(String[] args) {

EntityManagerFactory emf =

Persistence.*createEntityManagerFactory*("lab9");

emf.close();

}

}

Метод Persistence.*createEntityManagerFactory*("lab9") имеет значение аргумента — имя persistence модуля.

Перед выполнением программы необходимо создать БД (JDBC драйвер PostgreSQL не делает это автоматически)

CREATE DATABASE lab9;

Вывод в консоль результатов работы программы:

Hibernate: create table Account (id int8 not null, accountNumber varchar(20), client\_id int8, primary key (id))

Hibernate: create table AccountTransaction (id int8 not null, transactionDate timestamp, transationSum float8, destantionAccount\_id int8, sourceAccount\_id int8, primary key (id))

Hibernate: create table Client (id int8 not null, address varchar(255), name varchar(255), passport varchar(255), primary key (id))

Hibernate: alter table if exists Account add constraint FKpei4spdwejr1mbu98yngbojd8 foreign key (client\_id) references Client

Hibernate: alter table if exists AccountTransaction add constraint FKs23agqnpkek8o7ox75g9b6k69 foreign key (destantionAccount\_id) references Account

Hibernate: alter table if exists AccountTransaction add constraint FKe5dbw5uaryjr1d58h93710pyh foreign key (sourceAccount\_id) references Account

Здесь мы видим скрипты создания структуры БД.

<https://docs.jboss.org/hibernate/orm/5.4/userguide/html_single/Hibernate_User_Guide.html>

<https://codernet.ru/books/java/java_persistence_api_i_hibernate/>(только для ознакомления с оглавлением)

<https://download.oracle.com/otndocs/jcp/persistence-2_2-mrel-eval-spec/index.html>