

Университет ИТМО
Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Учебно-исследовательская работа №3 (УИР 3)

По дисциплине «Распределённые системы хранения данных»

Выполнил:
Студент группы Р3331
Нодири Хисравхон
Вариант: 30147

Преподаватель:
Максимов Андрей Николаевич

г. Санкт-Петербург
2025г.

Содержание

1	Условие	3
1.1	Цель работы	3
1.2	Требования к отчёту	3
1.3	Этап 1. Резервное копирование	3
1.4	Этап 2. Потеря основного узла	3
1.5	Этап 3. Повреждение файлов БД	3
1.6	Этап 4. Логическое повреждение данных	4
2	Этап 1	4
2.1	Host 1	4
2.2	Анализ	5
2.3	Результат	5
3	Этап 2	6
3.1	Host 2	6
3.2	Результат	6
4	Этап 3	6
4.1	Host 1	6
4.2	Результат	8
5	Этап 4	8
5.1	Host 1	8
5.2	Результат	10

1 Условие

1.1 Цель работы

Цель работы – настроить процедуру периодического резервного копирования базы данных, сконфигурированной в ходе выполнения лабораторной работы №2, а также разработать и отладить сценарии восстановления в случае сбоев.

Узел из предыдущей лабораторной работы используется в качестве **основного**. Новый узел используется в качестве **резервного**. Учётные данные для подключения к новому узлу выдаёт преподаватель. В сценариях восстановления необходимо использовать копию данных, полученную на первом этапе данной лабораторной работы.

1.2 Требования к отчёту

Отчёт должен быть самостоятельным документом (без ссылок на внешние ресурсы), содержать всю последовательность команд и исходный код скриптов по каждому пункту задания. Для демонстрации результатов приводить команду вместе с выводом (самой наглядной частью вывода, при необходимости).

1.3 Этап 1. Резервное копирование

- Настроить резервное копирование с основного узла на резервный следующим образом:
 - Периодические **холодные полные копии**.
 - Полная копия (**rsync**) по расписанию (**cron**) раз в сутки. СУБД на время копирования должна останавливаться. На резервном узле хранить **14 копий**; после успешного создания пятнадцатой копии самую старую автоматически уничтожить.
- Подсчитать, каков будет объём резервных копий спустя месяц работы системы, исходя из следующих условий:
 - Средний объём новых данных в БД за сутки: **50МБ**.
 - Средний объём изменённых данных за сутки: **1000МБ**.
- Проанализировать результаты.

1.4 Этап 2. Потеря основного узла

Этот сценарий подразумевает полную недоступность основного узла. Необходимо восстановить работу СУБД на **резервном** узле, продемонстрировать успешный запуск СУБД и доступность данных.

1.5 Этап 3. Повреждение файлов БД

Этот сценарий подразумевает потерю данных (например, в результате сбоя диска или файловой системы) при сохранении доступности основного узла. Необходимо выполнить полное восстановление данных из резервной копии и перезапустить СУБД на **основном** узле.

Ход работы:

- Симулировать сбой:
 - удалить с диска директорию конфигурационных файлов СУБД со всем содержимым.
- Проверить работу СУБД, доступность данных, перезапустить СУБД, проанализировать результаты.
- Выполнить восстановление данных из резервной копии, учитывая следующее условие:
 - исходное расположение дополнительных табличных пространств недоступно – разместить их в другой директории и скорректировать конфигурацию.
- Запустить СУБД, проверить работу и доступность данных, проанализировать результаты.

1.6 Этап 4. Логическое повреждение данных

Этот сценарий подразумевает частичную потерю данных (в результате нежелательной или ошибочной операции) при сохранении доступности основного узла. Необходимо выполнить восстановление данных на **основном** узле следующим способом:

- Восстановление с использованием архивных WAL-файлов. (СУБД должна работать в режиме архивирования WAL, потребуется задать параметры восстановления.)

Ход работы:

- В каждую таблицу базы добавить 2–3 новые строки, зафиксировать результат.
- Зафиксировать время и смодулировать ошибку:
 - в любой таблице с внешними ключами подменить значения ключей на случайные (INSERT, UPDATE).
- Продемонстрировать результат.
- Выполнить восстановление данных указанным способом.
- Продемонстрировать и проанализировать результат.

Выполнение

2 Этап 1

```
1 > ~/.bashrc:
2
3 alias l='ls'
4 alias cls='clear'
5
6 $ . ~/.bashrc
```

2.1 Host 1

```
1 > ~/.ssh/config:
2
3 Host pg153-backup
4     HostName pg153
5     User      postgres5
6
7 $ mkdir -p ~/pgbackupbin/
```

```
1 set -euo pipefail
2
3 PGDATA=$HOME/fer7
4 REMOTE=pg153-backup
5 DEST=/var/db/postgres5/pgbackups/pg152_daily
6 KEEP=14
7 DATE=$(date +%F)
8
9 LOGDIR=$HOME/pgbackupbin
10 mkdir -p "$LOGDIR"
11 LOG="$LOGDIR/pg_cold_backup.log"
12
13 {
14     echo "=== $(date '+%F %T') backup started ==="
15
16     pg_ctl -D "$PGDATA" -m fast stop 2>/dev/null || true
17
18     rsync -a --delete --compress --info=progress2 \
```

```

19     "$PGDATA/" "$REMOTE:$DEST/$DATE/"
20
21 for oid in $(ls -1 "$PGDATA/pg_tblspc"); do
22     real=$(readlink "$PGDATA/pg_tblspc/$oid") || continue
23     rsync -a --delete --compress \
24         "$real/" "$REMOTE:$DEST/$DATE/tblspc-${oid}/"
25 done
26
27 pg_ctl -D "$PGDATA" start
28
29 ssh "$REMOTE" "
30     cd $DEST &&
31     total=$(ls -ltr | wc -l)
32     remove=$((total - $KEEP))
33     [ $remove -gt 0 ] && ls -ltr | head -n $remove | xargs -r rm -rf
34 "
35
36 echo "=== $(date +%F %T) backup finished ==="
37
38 } # >>"$LOG" 2>&1

```

stage1_pg_cold_backup.sh

```

1 > crontab -e:
2 15 3 * * * /home/postgres0/pgbackupbin/pg_cold_backup.sh

```

2.2 Анализ

Новых данных в сутки	50 MB
Изменяемых данных в сутки	1000 MB
Хранимых копий	14

Полная копия в d -й день:

$$V(d) = d \times 50 \text{ MB.}$$

Через месяц (дни 17...30) суммарный объём:

$$\Sigma = \sum_{d=17}^{30} V(d) = 50 \text{ MB} \times \frac{(17+30) \times 14}{2} = 16\,450 \text{ MB.}$$

$$\Sigma \approx 16.1 \text{ GiB}$$

2.3 Результат

```

[postgres0@pg152 ~/pgbackupbin]$ l
pg_cold_backup.sh
[postgres0@pg152 ~/pgbackupbin]$ ./pg_cold_backup.sh
=== 2025-05-04 23:48:02 backup started ===
ожидание завершения работы сервера.... готово
сервер остановлен
17,027.618 35% 64,44MB/s 0:00:00 (xfr#13, to-chk=0/1323)
ожидание запуска сервера...2025-05-04 23:48:03.116 MSK [84095] LOG:  redire
cting log output to logging collector process
2025-05-04 23:48:03.116 MSK [84095] HINT:  Future log output will appear in
directory "log".
готово
сервер запущен
=== 2025-05-04 23:48:04 backup finished ===
[postgres0@pg152 ~/pgbackupbin]$

[postgres5@pg153 ~/pgbackups/pg152_daily]$ l
2025-05-04
[postgres5@pg153 ~/pgbackups/pg152_daily]$ ls -l 2025-05-04/
total 57
drwx----- 6 postgres5 postgres 6 7 апр. 00:57 base
-rw----- 1 postgres5 postgres 44 4 мая 22:33 current_logfiles
drwx----- 2 postgres5 postgres 65 4 мая 22:51 global
drwx----- 2 postgres5 postgres 20 4 мая 22:33 log
drwx----- 2 postgres5 postgres 2 6 апр. 23:52 pg_commit_ts
drwx----- 2 postgres5 postgres 2 6 апр. 23:52 pg_dynshmem
-rw----- 1 postgres5 postgres 5938 7 апр. 00:12 pg_hba.conf
-rw----- 1 postgres5 postgres 2640 6 апр. 23:52 pg_ident.conf
drwx----- 4 postgres5 postgres 5 4 мая 23:48 pg_logical
drwx----- 4 postgres5 postgres 4 6 апр. 23:52 pg_multixact
drwx----- 2 postgres5 postgres 2 6 апр. 23:52 pg_notify
drwx----- 2 postgres5 postgres 2 6 апр. 23:52 pg_replslot
drwx----- 2 postgres5 postgres 2 6 апр. 23:52 pg_serial
drwx----- 2 postgres5 postgres 2 6 апр. 23:52 pg_snapshots
drwx----- 2 postgres5 postgres 3 4 мая 23:48 pg_stat
drwx----- 2 postgres5 postgres 2 6 апр. 23:52 pg_stat_tmp
drwx----- 2 postgres5 postgres 3 6 апр. 23:52 pg_subtrans
drwx----- 2 postgres5 postgres 3 7 апр. 00:54 pg_tblspc
drwx----- 2 postgres5 postgres 2 6 апр. 23:52 pg_twophase
-rw----- 1 postgres5 postgres 3 6 апр. 23:52 PG_VERSION
drwx----- 3 postgres5 postgres 4 6 апр. 23:52 pg_wal
drwx----- 2 postgres5 postgres 3 6 апр. 23:52 pg_xact
-rw----- 1 postgres5 postgres 88 6 апр. 23:52 postgresql.auto.conf
-rw----- 1 postgres5 postgres 29700 7 апр. 00:38 postgresql.conf
-rw----- 1 postgres5 postgres 54 4 мая 22:33 postmaster.opts
-rw----- 1 postgres5 postgres 3966 21 апр. 17:17 server.log
[postgres5@pg153 ~/pgbackups/pg152_daily]$

```

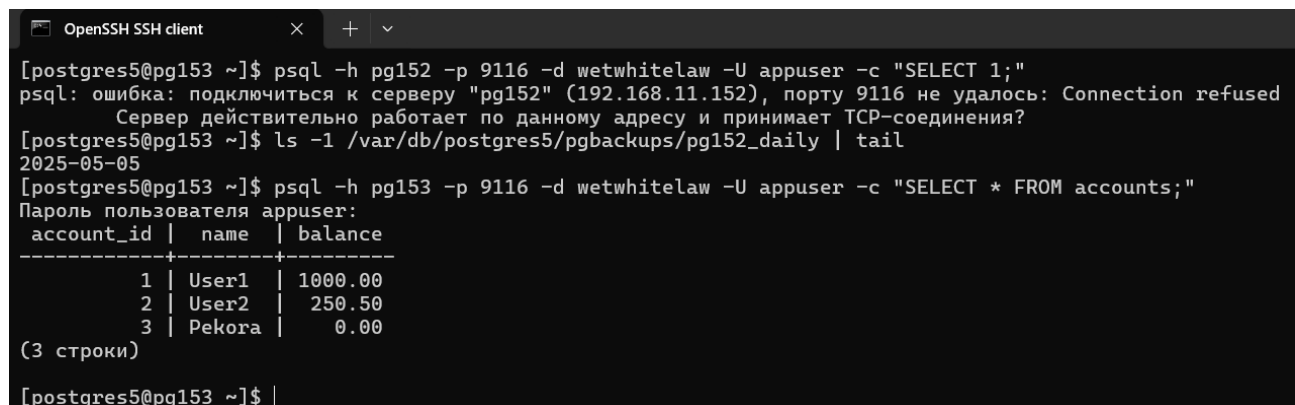
3 Этап 2

3.1 Host 2

```
1 set -euo pipefail
2
3 PGDATA=$HOME/fer7
4 BACKUPS=/var/db/postgres5/pgbackups/pg152_daily
5
6 LATEST=$(ls -1t "$BACKUPS" | head -n1)
7 echo "Restoring from $LATEST"
8
9 pg_ctl -D "$PGDATA" -m fast stop 2>/dev/null || true
10
11 rsync -a --delete "$BACKUPS/$LATEST/" "$PGDATA/"
12 chmod -R 700 "$PGDATA"
13
14 for SRC in "$BACKUPS/$LATEST"/tblspc_*; do
15     [[ -e "$SRC" ]] || continue
16     OID=${SRC##*/tblspc_}
17     DST="$HOME/tblspc_$OID"
18
19     mkdir -p "$DST"
20     rsync -a --delete "$SRC/" "$DST/"
21     chmod 700 "$DST"
22
23     rm -f "$PGDATA/pg_tblspc/$OID"
24     ln -s "$DST" "$PGDATA/pg_tblspc/$OID"
25 done
26
27 pg_ctl -D "$PGDATA" -w start
28 echo "Restore finished PostgreSQL is up"
```

stage2_restore.sh

3.2 Результат



The screenshot shows a terminal window titled "OpenSSH SSH client". The user is logged in as "postgres5@pg153". The commands and output are as follows:

```
[postgres5@pg153 ~]$ psql -h pg152 -p 9116 -d wetwhitelaw -U appuser -c "SELECT 1;"
psql: ошибка: подключиться к серверу "pg152" (192.168.11.152), порту 9116 не удалось: Connection refused
Сервер действительно работает по данному адресу и принимает TCP-соединения?
[postgres5@pg153 ~]$ ls -1 /var/db/postgres5/pgbackups/pg152_daily | tail
2025-05-05
[postgres5@pg153 ~]$ psql -h pg153 -p 9116 -d wetwhitelaw -U appuser -c "SELECT * FROM accounts;"
Пароль пользователя appuser:
 account_id | name  | balance
-----+-----+-----
          1 | User1 |   1000.00
          2 | User2 |    250.50
          3 | Pekora |     0.00
(3 строки)
[postgres5@pg153 ~]$
```

4 Этап 3

4.1 Host 1

```
1 set -euo pipefail
2
3 log() {
4     local color reset level msg
5     reset='\033[0m'
6     case "$1" in
7         INFO)  color='\033[1;32m'; level="INFO" ;;
8         WARN)  color='\033[1;33m'; level="WARN" ;;
```

```

9      ERROR) color='\033[1;31m'; level="ERROR" ;;
10     *)    color='\033[0m';    level="LOG" ;;
11  esac
12  shift
13  printf '%b[%s] (%F %T)T%b %s\n' "$color" "$level" -1 "$reset" "$*"
14 }
15
16 PGDATA=$HOME/fer7
17 REMOTE=pg153-backup
18 BACKUPS=/var/db/postgres5/pgbackups/pg152_daily
19 NEW_TS_ROOT=$HOME/tblspc_new
20 PGPORT=9116
21
22 ssh -oBatchMode=yes "$REMOTE" 'echo OK' >/dev/null || {
23     log ERROR "cannot SSH to $REMOTE"
24     exit 1
25 }
26
27 if pg_ctl -D "$PGDATA" status &>/dev/null; then
28     log INFO "Stopping running PostgreSQL "
29     pg_ctl -D "$PGDATA" -m fast -w stop
30 fi
31
32 log INFO "SIMULATING DISK FAILURE: removing $PGDATA and tablespaces"
33 rm -rf "$PGDATA"
34
35 if [[ -d $NEW_TS_ROOT ]]; then
36     rm -rf "$NEW_TS_ROOT"
37 fi
38 mkdir -p "$NEW_TS_ROOT"
39
40 log INFO "Attempting to start PostgreSQL (should fail) "
41 if pg_ctl -D "$PGDATA" start 2>/dev/null; then
42     log ERROR "server managed to start failure not reproduced"
43     exit 1
44 fi
45 log INFO "Server failed as expected cluster is gone."
46
47 LATEST=$(ssh "$REMOTE" "ls -lt $BACKUPS | head -n1")
48 log INFO "Restoring from backup $LATEST"
49
50 rsync -a --info=progress2 "$REMOTE:$BACKUPS/$LATEST/" "$PGDATA/"
51 chmod -R 700 "$PGDATA"
52
53 for tslink in "$PGDATA"/pg_tblspc/*; do
54     [[ -L "$tslink" ]] || continue
55     oid=$(basename "$tslink")
56     src_on_backup="$BACKUPS/$LATEST/tblspc_${oid}"
57     dst_on_local="$NEW_TS_ROOT/$oid"
58
59     log INFO "tablespace OID $oid $dst_on_local"
60     mkdir -p "$dst_on_local"
61     if ! rsync -a --info=progress2 "$REMOTE:$src_on_backup/" "$dst_on_local/"; then
62         log WARN "$src_on_backup missing in backup skipped"
63     fi
64
65     rm -f "$tslink"
66     ln -s "$dst_on_local" "$tslink"
67 done
68 chmod -R 700 "$NEW_TS_ROOT"
69
70 grep -q "^port *= *$PGPORT" "$PGDATA/postgresql.conf" || \
71     echo "port = $PGPORT" >> "$PGDATA/postgresql.conf"
72
73 grep -q "scram-sha-256" "$PGDATA/pg_hba.conf" || \
74     echo "host all all 0.0.0.0/0 scram-sha-256" >> "$PGDATA/pg_hba.conf"

```

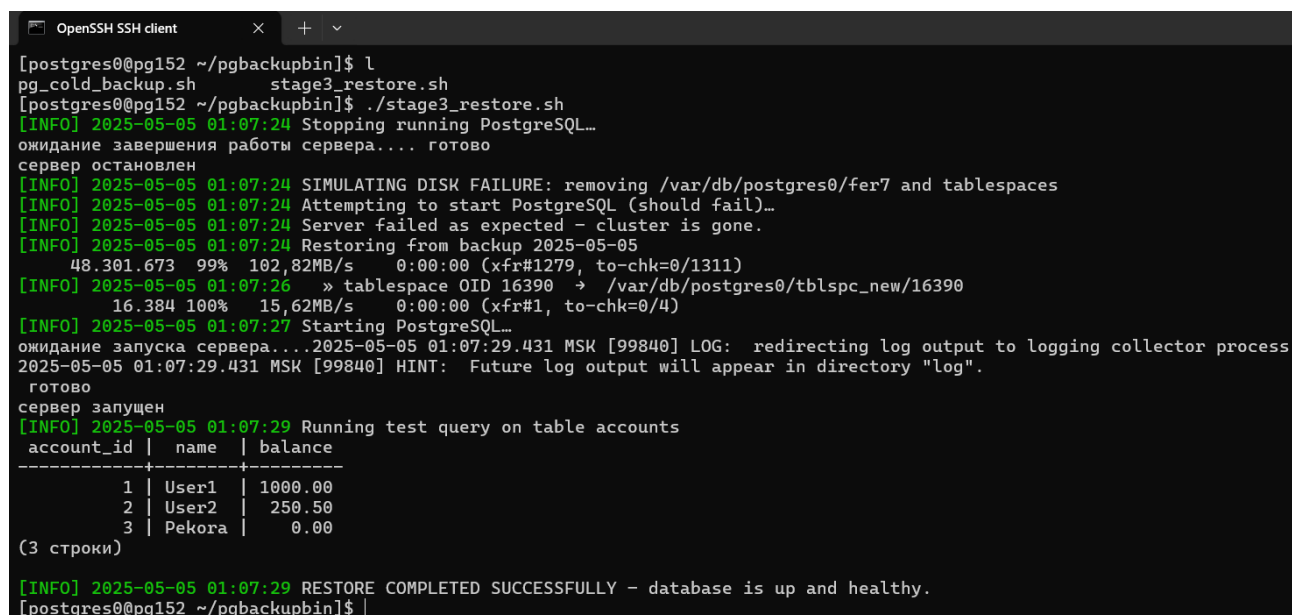
```

75
76 log INFO "Starting PostgreSQL "
77 pg_ctl -D "$PGDATA" -w start
78
79 log INFO "Running test query on table accounts"
80 if ! PGPASSWORD="1" psql -h localhost -p "$PGPORT" -d wetwhitelaw -U appuser -c "
    SELECT * FROM accounts;"; then
81     log ERROR "data unavailable"
82     exit 1
83 fi
84
85 log INFO "RESTORE COMPLETED SUCCESSFULLY      database is up and healthy."

```

stage3_restore.sh

4.2 Результат



```

[postgres0@pg152 ~/pgbackupbin]$ l
pg_cold_backup.sh      stage3_restore.sh
[postgres0@pg152 ~/pgbackupbin]$ ./stage3_restore.sh
[INFO] 2025-05-05 01:07:24 Stopping running PostgreSQL...
ожидание завершения работы сервера.... готово
сервер остановлен
[INFO] 2025-05-05 01:07:24 SIMULATING DISK FAILURE: removing /var/db/postgres0/fer7 and tablespaces
[INFO] 2025-05-05 01:07:24 Attempting to start PostgreSQL (should fail)...
[INFO] 2025-05-05 01:07:24 Server failed as expected - cluster is gone.
[INFO] 2025-05-05 01:07:24 Restoring from backup 2025-05-05
48.301.673 99% 102,82MB/s 0:00:00 (xfr#1279, to-chk=0/1311)
[INFO] 2025-05-05 01:07:26 » tablespace OID 16390 → /var/db/postgres0/tblspc_new/16390
16.384 100% 15,62MB/s 0:00:00 (xfr#1, to-chk=0/4)
[INFO] 2025-05-05 01:07:27 Starting PostgreSQL...
ожидание запуска сервера....2025-05-05 01:07:29.431 MSK [99840] LOG: redirecting log output to logging collector process
2025-05-05 01:07:29.431 MSK [99840] HINT: Future log output will appear in directory "log".
готово
сервер запущен
[INFO] 2025-05-05 01:07:29 Running test query on table accounts
 account_id | name | balance
-----+-----+-----
          1 | User1 | 1000.00
          2 | User2 | 250.50
          3 | Pekora | 0.00
(3 строки)
[INFO] 2025-05-05 01:07:29 RESTORE COMPLETED SUCCESSFULLY - database is up and healthy.
[postgres0@pg152 ~/pgbackupbin]$

```

5 Этап 4

5.1 Host 1

```

1  set -euo pipefail
2
3  PGDATA=$HOME/fer7
4  ARCHIVE=$HOME/wal_archive
5  BASEBACKUP_DIR=$HOME/pitr_base
6  RESTORE_PGDATA=$HOME/fer7_pitr
7
8  PORT=9116
9  DB=wetwhitelaw
10 USR_DATA=appuser
11 USR_BKUP=postgres0
12 PW=1
13
14 log(){ printf '\033[1;32m[%s] %(%F %T)T\033[0m %s\n' "$1" -1 "$2"; }
15 die(){ log ERROR "$1"; exit 1; }
16
17 mkdir -p ~/wal_archive/
18
19 [ -f "$PGDATA/postgresql.conf" ] || die "PGDATA not found"
20 grep -q "^archive_mode *= *on" "$PGDATA/postgresql.conf" || die "archive_mode is OFF"
21

```



```

22 pg_ctl -D "$PGDATA" -w stop 2>/dev/null || true
23 pg_ctl -D "$RESTORE_PGDATA" -w stop 2>/dev/null || true
24 pg_ctl -D "$PGDATA" -o "-p $PORT" -w start
25
26 log INFO "clean demo rows"
27 PGPASSWORD="$PW" psql -h localhost -p $PORT -U $USR_DATA -d $DB -c \
28 "DELETE FROM accounts WHERE name LIKE 'Demo%';"
29
30 log INFO "insert demo rows"
31 PGPASSWORD="$PW" psql -h localhost -p $PORT -U $USR_DATA -d $DB -c \
32 "INSERT INTO accounts(name,balance) VALUES ('DemoA',777.77),('DemoB',888.88);"
33
34 TS=$(PGPASSWORD="$PW" psql -At -h localhost -p $PORT -U $USR_DATA -d $DB -c "SELECT
    now()")
35 log INFO "target $TS"
36
37 log INFO "basebackup"
38 rm -rf "$BASEBACKUP_DIR"
39 PGPASSWORD="$PW" pg_basebackup -h 127.0.0.1 -p $PORT -D "$BASEBACKUP_DIR" \
40 -Ft -z -P --wal-method=stream -U $USR_BKUP --checkpoint=fast
41
42 log INFO "corrupt rows"
43 PGPASSWORD="$PW" psql -h localhost -p $PORT -U $USR_DATA -d $DB -c \
44 "UPDATE accounts SET account_id = account_id + 9000 WHERE name LIKE 'Demo%' AND
    account_id < 9000;"
45
46 log INFO "check corruption"
47 PGPASSWORD="$PW" psql -h localhost -p $PORT -U $USR_DATA -d $DB -c \
48 "SELECT account_id,name FROM accounts WHERE name LIKE 'Demo%';"
49
50 pg_ctl -D "$PGDATA" -w stop
51 log INFO "primary stopped"
52
53 log INFO "prepare restore cluster"
54 rm -rf "$RESTORE_PGDATA"
55 mkdir -p "$RESTORE_PGDATA"
56 tar -xf "$BASEBACKUP_DIR/base.tar.gz" -C "$RESTORE_PGDATA"
57 tar -xf "$BASEBACKUP_DIR/pg_wal.tar.gz" -C "$RESTORE_PGDATA"
58 chmod -R 700 "$RESTORE_PGDATA"
59 cat > "$RESTORE_PGDATA/postgresql.auto.conf" <<EOF
60 restore_command='cp $ARCHIVE/%f %p'
61 recovery_target_time='$TS'
62 port=$PORT
63 EOF
64 touch "$RESTORE_PGDATA/recovery.signal"
65
66 log INFO "start PITR"
67 pg_ctl -D "$RESTORE_PGDATA" -w start
68
69 log INFO "verify result"
70 PGPASSWORD="$PW" psql -h localhost -p $PORT -U $USR_DATA -d $DB -c \
71 "SELECT account_id,name,balance FROM accounts WHERE name LIKE 'Demo%';"
72
73 log INFO "finished"

```

stage4_damage.sh

5.2 Результат

```
OpenSSH SSH client  X  +  v
[postgres@pg152 ~/pgbackupbin]$ l
pg_cold_backup.sh      stage3_restore.sh      stage4_damage.sh
[postgres@pg152 ~/pgbackupbin]$ ./stage4_damage.sh
ожидание завершения работы сервера.... готово
сервер остановлен
ожидание запуска сервера....2025-05-05 03:00:34.536 MSK [23508] LOG: redirecting log output to logging collector process
2025-05-05 03:00:34.536 MSK [23508] HINT: Future log output will appear in directory "log".
готово
сервер запущен
[INFO] 2025-05-05 03:00:34 clean demo rows
DELETE 2
[INFO] 2025-05-05 03:00:34 insert demo rows
INSERT 0 2
[INFO] 2025-05-05 03:00:34 target 2025-05-05 03:00:34.794204+03
[INFO] 2025-05-05 03:00:34 basebackup
31355/31355 KB (100%), табличное пространство 2/2
[INFO] 2025-05-05 03:00:37 corrupt rows
UPDATE 2
[INFO] 2025-05-05 03:00:37 check corruption
 account_id | name
-----+-----
          9015 | ДемоА
          9016 | ДемоВ
(2 строки)
ожидание завершения работы сервера.... готово
сервер остановлен
[INFO] 2025-05-05 03:00:38 primary stopped
[INFO] 2025-05-05 03:00:38 prepare restore cluster
[INFO] 2025-05-05 03:00:38 start PITR
ожидание запуска сервера....2025-05-05 03:00:38.967 MSK [23549] LOG: redirecting log output to logging collector process
2025-05-05 03:00:38.967 MSK [23549] HINT: Future log output will appear in directory "log".
... готово
сервер запущен
[INFO] 2025-05-05 03:00:44 verify result
 account_id | name | balance
-----+-----+-----
          15 | ДемоА |    777.77
          16 | ДемоВ |    888.88
(2 строки)
[INFO] 2025-05-05 03:00:44 finished
[postgres@pg152 ~/pgbackupbin]$ |
```