

DOI: 10.37943/AITU.2020.28.52.008**K. Kadirkulov**

PhD doctoral student of Information technology department
kkuanys@gmail.com, orcid.org/0000-0003-0506-4890
S. Seifullin Agrotechnical University, Kazakhstan

A. Ismailova

PhD, senior lecturer of Information technology department
a.ismailova@mail.ru, orcid.org/0000-0002-8958-1846
S. Seifullin Agrotechnical University, Kazakhstan

CENTRALIZED COLLECTION AND ANALYSIS OF LABORATORY RESEARCH RESULTS ON COVID-19

Abstract: This article describes the process of centralized collection of laboratory study results for COVID-19. Their further analysis using web service technology since the spread of COVID-19 has affected the economic and social life in all countries of the world, including the Republic of Kazakhstan, which has led to an acceleration in the adopting of digital technologies in a wide variety of areas. Digitalization contributes to the transition to the online environment of health care, office work, education, and receiving more data on the spread of the virus, and exchanging information on laboratory studies results. The presented solution is an analytical module and it is based on the LIS SmartLAB platform [1]. It performs complex automation of the laboratory, in particular, PCR (polymerase chain reaction) [2] laboratory, observing all work processes to obtain reliable results by direct interaction with laboratory equipment according to international standards HL7 (English Health Level 7) [3], ASTM (English American Society for Testing and Materials) [4] and automatic detection of deviations from regulatory data. For implementing of the solution, used LIS SmartLAB platform, and PHP 7.3 was used as the API development language, and MariaDB 10.3 was used as the DBMS. At present, the analytical module has been tested in four PCR laboratories for transferring the results of laboratory studies to the portal of the “National Center for Expertise” of the Committee for Quality Control and Safety of Goods and Services of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan.

Keywords: Data collection, COVID-19, laboratory information system, automation, information systems, API, web services, SQL.

Кадиркулов К.К.

PhD докторант кафедры информационных систем
kkuanysh@gmail.com, orcid.org/0000-0003-0506-4890
Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан

Исмаилова А.А.

PhD доктор, старший преподаватель кафедры информационных систем
a.ismailova@mail.ru, orcid.org/0000-0002-8958-1846
Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан

ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЙ СБОР И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА COVID-19

Аннотация: В данной статье описывается процесс централизованного сбора результатов лабораторных исследований на COVID-19, и их дальнейшего анализа с применением технологии веб-сервисов, так как распространение COVID-19 отразилось на экономической и социальной жизни во всех странах мира, в том числе и Республику Казахстан, которое привело к ускорению внедрения цифровых технологий в самых разных сферах. Цифровизация способствует переходу в онлайн-среду здравоохранение, трудовой деятельности, образования, и получать больше данных о распространении вируса и обмениваться информацией о результатах лабораторных исследований. Представленное решение является аналитическим модулем, и базируется на платформе ЛИС SmartLAB [1], который производит комплексную автоматизацию лаборатории, в частности ПЦР (полимеразная цепная реакция) [2] лаборатории, соблюдая все рабочие процессы для получения достоверных результатов путем непосредственного взаимодействия с лабораторным оборудованием по международным стандартам HL7 (англ. Health Level 7 – «Седьмой уровень») [3], ASTM (англ. American Society for Testing and Materials – «Американское общество по испытанию материалов») [4] и автоматическому выявлению отклонения от нормативных данных. При реализации решения использовалась собственная платформа ЛИС SmartLAB, в качестве языка разработки API (англ. application programming interface - программный интерфейс приложения) применялся язык PHP 7.3, в качестве СУБД использовался MariaDB 10.3. В настоящий период времени аналитический модуль апробирован в 4-х ПЦР лабораториях для передачи результатов лабораторных исследований на портал РГП на ПХВ «Национальный центр экспертизы» Комитета контроля качества и безопасности товаров и услуг Министерства здравоохранения Республики Казахстан.

Ключевые слова: Сбор данных, COVID-19, лабораторная информационная система, автоматизация, информационные системы, API, веб-сервисы, SQL.

Введение

Мировая пандемия COVID-2019 ускорила внедрение государственной программы «Цифровой Казахстан» реализуемая в период с 2018 по 2022 гг., которая нацелена на повышение уровня жизни населения страны за счет использования цифровых технологий [5]. В рамках программы уделяется особое внимание на широкомасштабную реализацию электронного паспорта здоровья населения Республики Казахстан, где автоматизация клиничко-диагностических лаборатории (КДЛ), ПЦР лаборатории занимает немаловажную роль. И как показывает практика, не все лаборатории имеют автоматизацию и централизованное хранение данных, то есть каждый результат лабораторного исследования остается

на локальных хранилищах анализатора. Соответственно, результаты анализов выдаются на стандартных бланках анализатора (зачастую на английском языке) или же результаты переписываются на бумажный носитель, что может привести к ошибкам человеческого фактора, разночтения показателей и потери данных. В рамках программы «Цифровой Казахстан», а именно в части лабораторных анализов электронного паспорта здоровья населения необходимо осуществить комплексную автоматизацию рутинных процессов лаборатории с внедрением лабораторной информационной системы (далее - ЛИС), с помощью которой производится автоматизация процессов от регистрации до выдачи результатов.

Результаты, опубликованные в данной статье являются обезличенными и отражаются в количественных показателях, и служит в качестве демонстрационного материала о проделанных работах, во избежание отражения коммерческой информации и персональных данных пациентов, которые защищаются законом о персональных данных [6].

Основной раздел

Целью исследования является организация централизованного сбора и анализа данных по результатам лабораторных исследований в ПЦР лабораториях на COVID-19. Реализация данного решения состоит из двух этапов:

- Этап 1. Разработка и публикация API на стороне ПЦР лаборатории;
- Этап 2. Разработка методов по взаимодействию с удаленными API по импорту данных центральную базу.

Общая модель решения представлена на рисунке 1.

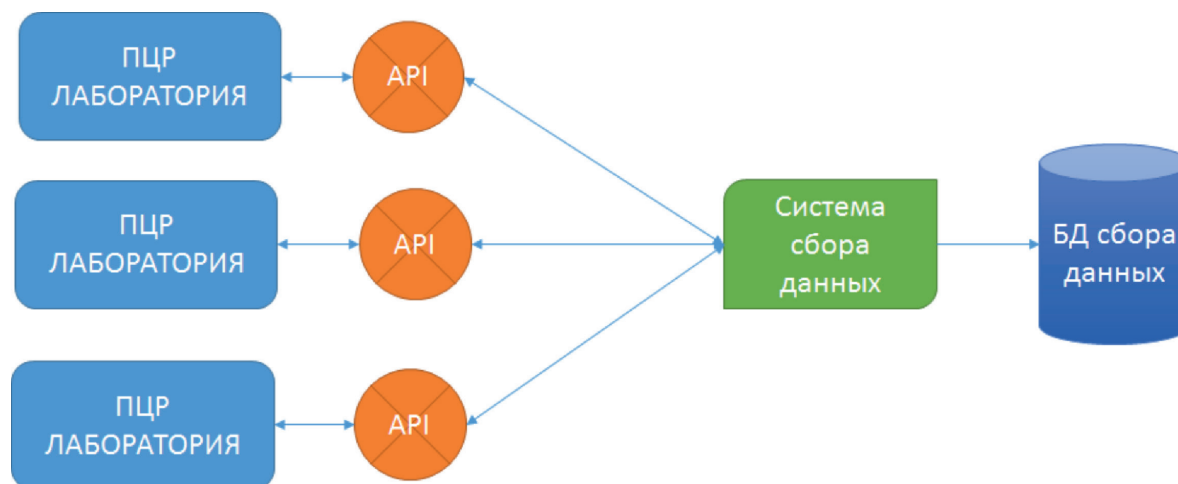


Рис. 1. Общая модель реализации решения

Как видно из рисунка 1, в каждой из конфигурации опубликованы API методы, с помощью которых производится получение и импорт результатов лабораторных исследований в БД сбора данных.

Этап 1. На данном этапе производилась определение структуры данных, формат возвращаемых данных, скрипты по формированию массива данных, где:

- ◆ Структура данных:
 - Количество положительных и отрицательных результатов по половому признаку;
 - Количество положительных и отрицательных результатов по возрастной категории - в качестве возрастных категории были выбраны следующие разделения, а именно от 0 до 5 лет, от 6 до 10 лет, от 11 до 15 лет, от 16 до 20 лет, от 21 до 30 лет, от 31 до 40 лет, от 41 до 50 лет, от 51 до 60 лет, от 61 до 70 лет, от 71 до 80 лет, старше 80 лет.

- Количественный анализ положительных и отрицательных результатов по половому признаку в разрезе возрастных категорий – этот анализ является пересечением по возрастам и полу признаку, чтобы увидеть воздействие COVID-19 по возрасту человека и зависимость от пола;
- ◆ Формат данных JSON (англ. JavaScript Object Notation – текстовый формат обмена данными);
- ◆ Скрипты по формированию массива данных:
- Количество положительных и отрицательных по половому признаку (Рисунок 2.):

```
select
    patients.sex,
    sum(case when ifnull(lab_orders_details_results.lab_test_text_norm,13)=18 then 1 else 0 end) as negative,
    sum(case when ifnull(lab_orders_details_results.lab_test_text_norm,13)<>18 then 1 else 0 end) as positive
from lab_orders left join
    contracts_firms on contracts_firms.contract_firm=lab_orders.contract_firm left join
    lab_orders_details_results on lab_orders.lab_order=lab_orders_details_results.lab_order left join
    patients on patients.patient=lab_orders.patient left join
    lab_orders_details on lab_orders_details.lab_order=lab_orders.lab_order inner join
    lab_studies on lab_studies.lab_study=lab_orders_details.lab_study
where lab_orders_details.lab_study in (574882,574883) and
    lab_orders_details_results.status=3 and
    lab_orders_details_results.lab_department<>13 AND
    patients.sex in (0,1)
group by
    patients.sex
order by positive desc
```

Рис. 2. SQL скрипт по формированию количества положительных и отрицательных по половому признаку

- Количество положительных и отрицательных по возрастной категории (Рисунок 3.):

```
select
    case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>=0 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=5 then 'От 0 до 5 лет' else
    case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>5 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=10 then 'От 6 до 10 лет' else
    case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>10 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=15 then 'От 11 до 15 лет' else
    case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>15 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=20 then 'От 16 до 20 лет' else
    case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>20 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=30 then 'От 21 до 30 лет' else
    case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>30 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=40 then 'От 31 до 40 лет' else
    case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>40 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=50 then 'От 41 до 50 лет' else
    case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>50 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=60 then 'От 51 до 60 лет' else
    case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>60 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=70 then 'От 61 до 70 лет' else
    case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>70 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=80 then 'От 71 до 80 лет' else
    case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>80 then 'Старше 80 лет' else '' end end end end end end end end end end as patient_ages,
    sum(case when ifnull(lab_orders_details_results.lab_test_text_norm,18)=18 then 1 else 0 end) as negative,
    sum(case when ifnull(lab_orders_details_results.lab_test_text_norm,18)<>18 then 1 else 0 end) as positive
from lab_orders left join
    contracts_firms on contracts_firms.contract_firm=lab_orders.contract_firm left join
    lab_orders_details_results on lab_orders.lab_order=lab_orders_details_results.lab_order left join
    patients on patients.patient=lab_orders.patient left join
    lab_orders_details on lab_orders_details.lab_order=lab_orders.lab_order inner join
    lab_studies on lab_studies.lab_study=lab_orders_details.lab_study
where lab_orders_details.lab_study in (574882,574883) and
    lab_orders_details_results.status=3 and
    lab_orders_details_results.lab_department<>13 AND
    patients.sex in (0,1)
group by
    TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())
order by positive desc
```

Рис. 3. SQL скрипт по анализу положительных и отрицательных результатов по возрастному признаку

- Количественный анализ положительных и отрицательных результатов по половому признаку в разрезе возрастных категорий (Рисунок 4.):


```

select patient_ages,
sum(case when sex=1 then positive else 0 end) as positive_w,
sum(case when sex=0 then positive else 0 end) as positive_m,
sum(case when sex=1 then negative else 0 end) as negative_w,
sum(case when sex=0 then negative else 0 end) as negative_m
from
(select
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=5 then 'От 0 до 5 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>5 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=10 then 'От 6 до 10 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>10 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=15 then 'От 11 до 15 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>15 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=20 then 'От 16 до 20 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>20 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=30 then 'От 21 до 30 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>30 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=40 then 'От 31 до 40 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>40 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=50 then 'От 41 до 50 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>50 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=60 then 'От 51 до 60 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>60 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=70 then 'От 61 до 70 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>70 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=80 then 'От 71 до 80 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>80 then 'Старше 80 лет' end end end end end end end end as patient_ages,
patients.sex,
sum(case when ifnull(lab_orders_details_results.lab_test_text_norm,18)=18 then 1 else 0 end) as negative,
sum(case when ifnull(lab_orders_details_results.lab_test_text_norm,18)<>18 then 1 else 0 end) as positive
from lab_orders left join
contracts_firms on contracts_firms.contract_firm=lab_orders.contract_firm left join
lab_orders_details_results on lab_orders.lab_order=lab_orders_details_results.lab_order left join
patients on patients.patient=lab_orders.patient left join
lab_orders_details on lab_orders_details.lab_order=lab_orders.lab_order inner join
lab_studies on lab_studies.lab_study=lab_orders_details.lab_study
where lab_orders_details.lab_study in (574882,574883) and
lab_orders_details_results.status=3 and
lab_orders_details_results.lab_department<>13 AND
patients.sex in (0,1)
group by
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=5 then 'От 0 до 5 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>5 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=10 then 'От 6 до 10 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>10 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=15 then 'От 11 до 15 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>15 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=20 then 'От 16 до 20 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>20 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=30 then 'От 21 до 30 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>30 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=40 then 'От 31 до 40 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>40 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=50 then 'От 41 до 50 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>50 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=60 then 'От 51 до 60 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>60 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=70 then 'От 61 до 70 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>70 and TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())<=80 then 'От 71 до 80 лет' else
case when TIMESTAMPDIFF(YEAR,patients.birthdate, now())>80 then 'Старше 80 лет' end end end end end end end end,
patients.sex)temp
group by
patient_ages|

```

Рис. 4. SQL скрипт по анализу положительных и отрицательных результатов по половому признаку в разрезе возрастных категорий

Этап 2. На данном этапе производились работы по обращению к API методам опубликованных на удаленных ПЦР лабораториях, так как каждая ПЦР лаборатория является отдельным юридическим лицом и не зависело друг от друга. В рамках сбора информации в качестве лабораторного исследования был выбран «B09.863.020 – выявление РНК вируса COVID-19 из биологического материала методом полимеразной цепной реакции».

Результаты

В результате сбора данных в центральную БД были получены следующие аналитические данные:

- Количественный анализ по положительным и отрицательным результатам по половому признаку:

Таблица 1. Сводная таблица по половому признаку

| Половая принадлежность | Общее кол-во | Кол-во отрицательных | Кол-во положительных |
|------------------------|--------------|----------------------|----------------------|
| Мужчины | 20 653 | 17 230 | 3 423 |
| Женщины | 22 786 | 18 637 | 4 149 |

В таблице 1 отражена информация об общем количестве пациентов с разделением отрицательных и положительных результатов по половому признаку.

- Количественный анализ по положительным и отрицательным результатам по возрастным категориям:

Таблица 2. Сводная таблица по возрастным категориям

| Возрастная категория | Общее количество | В том числе | | % соотношения положительных результатов к общему кол-ву результатов |
|----------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| | | <i>Кол-во отрицательных</i> | <i>Кол-во положительных</i> | |
| От 51 до 60 лет | 6582 | 5061 | 1521 | 23,11 |
| От 31 до 40 лет | 9235 | 7853 | 1382 | 14,96 |
| От 21 до 30 лет | 9006 | 7766 | 1240 | 13,77 |
| От 41 до 50 лет | 6390 | 5172 | 1218 | 19,06 |
| От 61 до 70 лет | 4385 | 3362 | 1023 | 23,33 |
| От 71 до 80 лет | 1744 | 1312 | 432 | 24,77 |
| От 0 до 5 лет | 1929 | 1725 | 204 | 10,58 |
| Старше 80 лет | 731 | 531 | 200 | 27,36 |
| От 16 до 20 лет | 1859 | 1686 | 173 | 9,31 |
| От 11 до 15 лет | 779 | 690 | 89 | 11,42 |
| От 6 до 10 лет | 799 | 710 | 89 | 11,14 |

В таблице 2 отражена информация об общем количестве результатов по возрастным категориям с разделением числом отрицательных и положительных определений. Также отражена по процентному соотношению положительных результатов к общему количеству прошедших исследование. Информация в таблице отсортирована по графе положительных результатов по убыванию. Хотелось бы отметить, что пациенты в возрасте выше 50 лет являются более склонными к поражению COVID-19, что и отмечается официальными источниками органов здравоохранения [7], и средний процент обнаружения вируса у пациентов этой возрастной категории 25%.

Сводный анализ положительных и отрицательных результатов по половому признаку в разрезе возрастных категорий. Данный анализ детализирует показатели с разделением возраста и пола пациентов, прошедших исследование на COVID-19. В таблице 3. отражена информация об общем количестве результатов по возрастным категориям с разделением числом отрицательных и положительных определений по половому признаку. Также отражена процентное соотношение положительных результатов к общему количеству прошедших исследование в разрезе мужского и женского пола. Данные в таблице отсортированы по графе возрастная категория, где также можно увидеть опасность COVID-19 для населения с возрастом выше 50 лет вне зависимости от пола.

Таблица 3. Сводная таблица по полож. и отриц. результатам по половому признаку в разрезе возрастных категорий

| Возрастная группа | Общее кол-во | В том числе | | | Из них: | | | | | | | |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---|---------------|---------------|----------------------|---------------|---------------|--------------|---|------------|
| | | Кол-во отриц. | Кол-во полож. | % соотношений полож-х результатов к общему количеству | Кол-во Ж. | Кол-во М. | Кол-во отрицательных | | Кол-во полож. | | % соотношений полож-х результатов к общему количеству у женщин и мужчин | |
| | | | | | | | Ж. | М. | Ж. | М. | Ж. | М. |
| От 0 до 5 лет | 1 929 | 1 725 | 204 | 10,6 | 797 | 1 132 | 712 | 1 013 | 85 | 119 | 4,4 | 6,2 |
| От 6 до 10 лет | 772 | 683 | 89 | 11,5 | 335 | 437 | 299 | 384 | 36 | 53 | 4,7 | 6,9 |
| От 11 до 15 лет | 1 193 | 1 104 | 89 | 7,5 | 500 | 693 | 456 | 648 | 44 | 45 | 3,7 | 3,8 |
| От 16 до 20 лет | 3 159 | 2 986 | 173 | 5,5 | 1 928 | 1 231 | 1 854 | 1 132 | 74 | 99 | 2,3 | 3,1 |
| От 21 до 30 лет | 8 968 | 7 728 | 1 240 | 13,8 | 4 383 | 4 585 | 3 831 | 3 897 | 552 | 688 | 6,2 | 7,7 |
| От 31 до 40 лет | 8 304 | 6 922 | 1 382 | 16,6 | 3 952 | 4 352 | 3 277 | 3 645 | 675 | 707 | 8,1 | 8,5 |
| От 41 до 50 лет | 6 519 | 5 301 | 1 218 | 18,7 | 3 553 | 2 966 | 2 816 | 2 485 | 737 | 481 | 11,3 | 7,4 |
| От 51 до 60 лет | 5 735 | 4 214 | 1 521 | 26,5 | 3 307 | 2 428 | 2 363 | 1 851 | 944 | 577 | 16,5 | 10,1 |
| От 61 до 70 лет | 4 385 | 3 362 | 1 023 | 23,3 | 2 490 | 1 895 | 1 882 | 1 480 | 608 | 415 | 13,9 | 9,5 |
| От 71 до 80 лет | 1 744 | 1 312 | 432 | 24,8 | 1 055 | 689 | 787 | 525 | 268 | 164 | 15,4 | 9,4 |
| Старше 80 лет | 731 | 531 | 200 | 27,4 | 486 | 245 | 360 | 171 | 126 | 74 | 7,2 | 0,1 |
| ВСЕГО: | 43 439 | 35 868 | 7 571 | 17,4 | 22 786 | 20 653 | 18 637 | 17 231 | 4 149 | 3 422 | 9,6 | 7,9 |

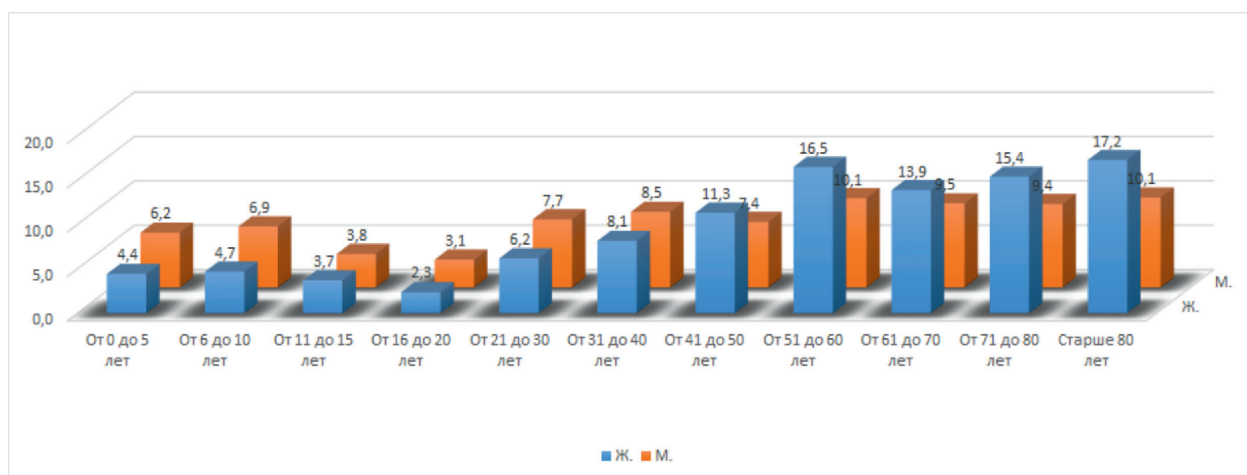


Рис. 5. Диаграмма соотношения в % положительных результатов по половому признаку в разрезе возрастных категорий

Заключение

Данное решение используется в виде аналитического программного модуля в лабораторной информационной системе SmartLAB. На данный момент времени модуль апробирован в 4 ПЦР лабораториях, в качестве инструмента для взаимодействия с контролирующими органами МЗ РК (Министерство здравоохранения Республики Казахстан), а именно с порталом РГП на ПХВ «Национальный центр экспертизы» Комитета контроля качества и безопасности товаров и услуг Министерства здравоохранения Республики Казахстан (да-

лее – НЦЭ) [8]. НЦЭ разработал свой собственный сервис, и на законодательном уровне осуществляет сбор результатов лабораторных исследований на COVID-19 со всех ПЦР лаборатории на территории Республики Казахстан [9] с аналогичным алгоритмом представленным в данной статье (Рисунок 6).

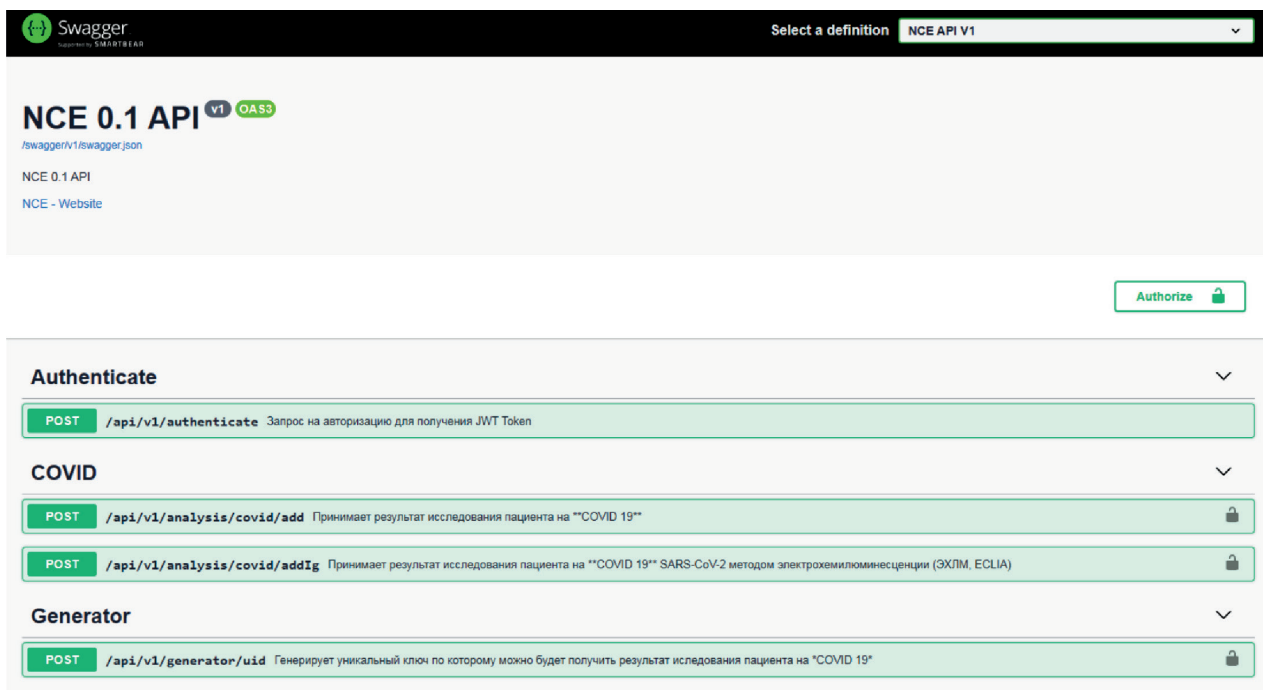


Рис. 6. API среда Национального центра экспертизы

Различие лишь в том, что НЦЭ получает готовые рассчитанные результаты, а представленное решение формируется результатом комплексной автоматизации.

В результате участники процесса автоматизации достигли:

- Строгого учета каждого биоматериала от забора до загрузки на борт лабораторного оборудования, и с сокращением сроков выдачи результатов [10];
- Достоверности результатов – с помощью интеграции с лабораторным оборудованием и автоматической интерпретации нормативных значений, исключается человеческий фактор переноса результатов на бумажный носитель;
- Отменой бумажных журналов учета, так как все результаты хранятся в виде электронного архива результатов лабораторных исследований, тем самым медицинская лаборатория становится участником программы цифровой Казахстан;
- Автоматическая передача информации в НЦЭ, что является немаловажным фактором для контроля эпидемиологического состояния COVID-19.

Материалы, представленные в данной статье, являются результатом практического применения решений в сфере автоматизации лабораторной диагностики.

Литература

1. ТОО “SmartLab Kazakhstan”: [Электронный ресурс]. А., 2015-2021. URL: <http://lis.kz>.
2. Полимеразная цепная реакция: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ПЦР>. 2015-2021. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ПЦР>
3. Health Level Seven International: [Электронный ресурс]. 2013-2021. URL: https://wiki.hl7.org/Main_Page.

4. International Association for Testing Materials: [Электронный ресурс]. 2001-2021. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/ASTM_International.
5. Государственная программа “Цифровой Казахстан”. О программе: [Электронный ресурс] // Официальный интернет-ресурс Государственной программы «Цифровой Казахстан». Н., 2018-2019. URL: <https://digitalkz.kz/o-programme/>.
6. Закон Республики Казахстан от 21 мая 2013 года № 94-V «О персональных данных и их защите» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 03.07.2020 г.): [Электронный ресурс] // Официальный интернет-ресурс zakon.kz, А., 2020, URL: https://online.zakon.kz/document/?doc_id=31396226
7. Официальный источник ситуации с COVID-19 в Республике Казахстан: [Электронный ресурс], Н. 2020, URL: <https://www.coronavirus2020.kz/ru/ofinfo>
8. РГП на ПХВ «Национальный центр экспертизы». [Электронный ресурс]. Н., 2020. URL: <https://nce.kz>.
9. РГП на ПХВ «Национальный центр экспертизы». [Электронный ресурс]// API среда по сбору лабораторных результатов по Covid-19. Н., 2020. URL: <https://api.nce.kz/swagger/index.html>
10. Keckler, M.S., Anderson, K., McAllister, S., Rasheed, J.K., & Noble-Wang, J. (2019). Development and implementation of evidence-based laboratory safety management tools for a public health laboratory. *Safety science*, 117, 205-216.