

Серия «Среднее медицинское образование»

О. А. Мельникова, М. Ю. Мельников

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Учебник

Рекомендовано

Научно-методическим советом

Международного научного общественного объединения «МАИТ»

для использования в качестве учебника для студентов

образовательных учреждений среднего профессионального

образования, обучающихся по специальности

31.02.03 «Лабораторная диагностика»

(рецензия № РЭЗ 23-08 от 14.07.2023 г.)

Ростов-на-Дону

ФЕНИКС

2024

УДК 577:616(075.32)
ББК 28.07+52я723
КТК 188
М48

Рецензент

Курило И. И. — зав. кафедрой физической, коллоидной и аналитической химии УО «БГТУ», кандидат химических наук, доцент

Авторы:

Мельникова О. А. — генеральный директор РОО СО НИИ Фармации и химии, профессор кафедры управления и экономики фармации, фармакогнозии Уральского государственного медицинского университета, доктор фармацевтических наук, профессор;

Мельников М. Ю. — доцент кафедры фармации и химии Уральского государственного медицинского университета, кандидат химических наук

Мельникова, О. А.

М48 Физико-химические методы исследования и техника лабораторных работ : учебник / О. А. Мельникова, М. Ю. Мельников. — Ростов н/Д : Феникс, 2024. — 423 с. : ил. — (Среднее медицинское образование).

ISBN 978-5-222-36483-3

Учебник составлен в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 31.02.03 «Лабораторная диагностика» и предназначен для изучения общепрофессиональной дисциплины «Физико-химические методы исследования и техника лабораторных работ» (ОП.06).

В издании раскрываются основы деятельности медицинской лаборатории, ее устройство и организация работы, виды лабораторной посуды и техника лабораторных работ, рассматриваются методы и техники микроскопии, растворы и способы их приготовления, даются основы качественного и количественного анализа, рассматриваются физико-химические методы анализа, виды лабораторных неопределенностей и их погрешности. Впервые в системе среднего медицинского образования в единое издание объединены основные разделы дисциплины, подробно изложены основные положения, применяемые в деятельности лаборатории.

Учебник предназначен учащимся и преподавателям медицинских колледжей, а также руководителям и специалистам медицинских организаций.

УДК 577:616(075.32)
ББК 28.07+52я723

ISBN 978-5-222-36483-3

© Мельникова О. А., Мельников М. Ю., 2023
© Оформление: ООО «Феникс», 2023
© В оформлении книги использованы иллюстрации по лицензии Shutterstock.com

Оглавление

Предисловие	8
-------------------	---

ГЛАВА 1

Основные представления о деятельности медицинской лаборатории.....	12
1.1. Виды и назначение медицинских лабораторий.....	12
<i>Контрольные вопросы</i>	<i>18</i>
1.2. Организация работы и устройство медицинских лабораторий.....	19
<i>Контрольные вопросы</i>	<i>24</i>
1.3. Правила техники безопасности при проведении лабораторных исследований. Противопожарная безопасность.....	24
<i>Контрольные вопросы</i>	<i>30</i>

ГЛАВА 2

Знакомство с лабораторной посудой	31
2.1. Виды лабораторной посуды из стекла общего и специального назначения.....	31
2.2. Определение цены деления, работа с мерной лабораторной посудой.....	37
2.3. Лабораторная посуда из керамики.....	48
2.4. Лабораторная посуда из пластмассы.....	50
2.5. Металлическое оборудование и вспомогательные принадлежности.....	52
<i>Контрольные вопросы</i>	<i>55</i>
2.6. Техника безопасности. Методы очистки и правила обращения с лабораторной посудой.....	56
<i>Контрольные вопросы</i>	<i>61</i>
<i>Лабораторная работа «Навыки работы с автоматическим дозатором пипеточным»</i>	<i>61</i>

ГЛАВА 3

Изучение видов лабораторного оборудования и техник лабораторных работ.....	63
3.1. Виды нагревательных приборов. Устройство, правила работы, техника безопасности	63
<i>Контрольные вопросы</i>	<i>72</i>
<i>Лабораторная работа «Правила работы со спиртовкой».....</i>	<i>73</i>

3.2. Сущность и основные методы дезинфекции и стерилизации лабораторной посуды	75
<i>Контрольные вопросы</i>	83
3.3. Перемешивание и высушивание веществ	84
<i>Контрольные вопросы</i>	90
3.4. Фильтрование	90
3.5. Центрифугирование	99
<i>Контрольные вопросы</i>	105
<i>Лабораторная работа «Изучение процесса фильтрования»</i>	106
3.6. Взвешивание	108
<i>Контрольные вопросы</i>	125
<i>Лабораторная работа «Взвешивание на аналитических весах»</i>	125
3.7. Измерение температуры веществ	127
3.8. Определение плотности веществ	140
<i>Контрольные вопросы</i>	144
<i>Лабораторная работа «Определение плотности жидкостей и твердых тел»</i>	145

ГЛАВА 4

Методы и техники микроскопии	148
4.1. История изобретения микроскопа. Принцип работы.....	148
4.2. Строение современного микроскопа.....	152
4.3. Виды микроскопов, техники исследования.....	155
4.4. Правила обращения и техника безопасности при работе с микроскопом.....	159
4.5. Правила приготовления нативного и окрашенного препаратов. Уход за микроскопом	161
<i>Контрольные вопросы</i>	175
<i>Лабораторная работа «Знакомство с биологическим микроскопом»</i>	176

ГЛАВА 5

Растворы и способы их приготовления	178
5.1. Общие понятия. Классификация растворов	178
5.2. Способы выражения концентрации растворов	181
5.3. Пересчет из одной концентрации раствора в другую	196
5.4. Способы приготовления растворов	198
<i>Контрольные вопросы</i>	201
<i>Задачи</i>	201
<i>Лабораторная работа «Приготовление растворов»</i>	202

ГЛАВА 6

Изучение основ качественного анализа	204
6.1. Основные положения качественного анализа.	
Деление катионов на аналитические группы.....	204
6.2. Разделение катионов внутри аналитической группы	208
6.3. Качественный анализ анионов.....	219
6.4. Способы проведения качественных реакций	229
6.5. Анализ вещества неизвестного состава.....	233
<i>Контрольные вопросы</i>	236
<i>Задачи</i>	237
<i>Лабораторная работа «Анализ анионов»</i>	240
<i>Лабораторная работа «Анализ катионов»</i>	243

ГЛАВА 7

Основы количественного анализа	246
7.1. Задачи, методы количественного анализа	246
7.2. Сущность гравиметрического анализа, основные операции.	
Посуда, оборудование для гравиметрического анализа	247
Примеры гравиметрических определений	250
<i>Контрольные вопросы</i>	251
7.3. Титриметрические методы	252
Приготовление титрованных растворов.....	262
<i>Контрольные вопросы</i>	264
7.4. Осадительное титрование	265
Индикаторы	266
<i>Контрольные вопросы</i>	270
7.5. Меркуриметрический метод	271
<i>Контрольные вопросы</i>	271
7.6. Комплексометрия.....	272
<i>Контрольные вопросы</i>	274
7.7. Окислительно-восстановительные методы титрования.....	275
<i>Контрольные вопросы</i>	288
7.8. Расчетные формулы в титриметрическом анализе	290
<i>Лабораторная работа «Установка концентрации раствора соляной кислоты с использованием карбоната натрия Na_2CO_3»</i>	292
<i>Лабораторная работа «Аргентометрическое титрование»</i>	293
<i>Лабораторная работа «Комплексометрическое титрование»</i>	294

ГЛАВА 8

Физико-химические методы анализа	296
8.1. Основные принципы физико-химических методов анализа и их классификация	296
<i>Контрольные вопросы</i>	298
8.2. Спектральные методы анализа	299
<i>Контрольные вопросы</i>	307
8.3. Спектрофотометрия в УФ и видимой области	308
<i>Контрольные вопросы</i>	316
8.4. Поляриметрия	317
<i>Контрольные вопросы</i>	321
8.5. Рефрактометрия	321
<i>Контрольные вопросы</i>	325
8.6. Введение в электрохимические методы анализа	326
<i>Контрольные вопросы</i>	337
8.7. Потенциометрический метод анализа	338
<i>Контрольные вопросы</i>	343
8.8. Вольтамперометрия	344
<i>Контрольные вопросы</i>	349
8.9. Амперометрическое титрование	349
<i>Контрольные вопросы</i>	352
8.10. Кулонометрия	352
<i>Контрольные вопросы</i>	354
8.11. Кондуктометрия	354
<i>Контрольные вопросы</i>	355
8.12. Хроматографические методы анализа	356
<i>Контрольные вопросы</i>	369
8.13. Электрофорез	370
<i>Контрольные вопросы</i>	378
<i>Лабораторная работа «Тонкослойная хроматография»</i>	378
<i>Лабораторная работа «Спектрофотометрия»</i>	380
<i>Лабораторная работа «Потенциометрическое титрование»</i>	382

ГЛАВА 9

Виды лабораторных неопределенностей (погрешностей), причины	383
9.1. Общие понятия	383
<i>Контрольные вопросы</i>	386
9.2. Внутрилабораторный контроль качества измерений, термины	387
<i>Контрольные вопросы</i>	392

9.3. Виды контрольного материала, применение.....	392
<i>Контрольные вопросы</i>	396
9.4. Методики статистической обработки результатов количественных определений	397
<i>Контрольные вопросы</i>	402
9.5. Поверка и калибровка средств измерений.....	402
<i>Контрольные вопросы</i>	407
9.6. Статистические основы оценки погрешностей количественных методов исследования с применением контрольных материалов.....	407
<i>Контрольные вопросы</i>	410
9.7. Порядок проведения внутрилабораторного контроля качества. Оценка воспроизводимости и правильности результатов анализа.....	410
<i>Контрольные вопросы</i>	419
Используемые источники	420

Предисловие

«Физико-химические методы исследования и техника лабораторных работ» — это важная научная дисциплина, которая объединяет научные достижения в таких областях знаний, как основы государственного регулирования, организация деятельности медицинской лаборатории, физико-химические методы анализа, основы органической и неорганической химии, основы аналитической химии и др.

Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту среднего профессионального образования по специальности «Лабораторная диагностика», утвержденному приказом Министерства просвещения¹, выпускник колледжа должен иметь соответствующие знания для работы в медицинских организациях; уметь готовить рабочее место, посуду, оборудование для проведения анализов; соблюдать технику безопасности и противопожарной безопасности; выполнять основные операции, которые соответствуют проведению лабораторных исследований; владеть практическими навыками проведения качественного и количественного анализа; готовить приборы к лабораторным испытаниям; знать устройство и уметь работать на спектрофотометрах, анализаторах; проводить калибровку мерной посуды; статистически обрабатывать результаты количественного анализа; оценивать воспроизводимость результатов исследования и их правильность.

Структура книги соответствует тематическому плану рабочей программы дисциплины и включает в себя главы, посвященные основным представлениям о деятельности медицинской лаборатории (гл. 1), знакомству с лабораторной посудой (гл. 2), изучению видов лабораторного оборудования и техники лабораторных работ (гл. 3), методам и техникам микроскопии (гл. 4), растворам и способам их приготовления (гл. 5), изучению основ качественного

¹ Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 31.02.03 «Лабораторная диагностика», утвержденный приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 4 июля 2022 г. № 525.

анализа (гл. 6), основам количественного анализа (гл. 7), физико-химическим методам анализа (гл. 8), видам лабораторных неопределенностей (погрешностей) и причинам их возникновения (гл. 9).

Медицинский лабораторный техник должен знать устройство лабораторий различного типа, лабораторное оборудование и аппаратуру, правила техники безопасности, классификацию методов физико-химического анализа, законы геометрической оптики, принципы геометрической оптики, понятие дисперсии света, основной закон светопоглощения, сущность фотометрических, электрохимических и хроматографических методов анализа, современные методы анализа, принцип работы рефрактометров, методы статистической обработки результатов количественных определений, проведение контроля качества выполненных исследований. Он должен уметь проводить корректирующие мероприятия.

При изложении материала авторы пытались сохранить преемственность изложения и структуру рабочей программы дисциплины колледжей, практикующих ее преподавание. В первой главе рассмотрены виды, назначение медицинских лабораторий, организация работы, правила техники безопасности при проведении лабораторных исследований в клинико-диагностических лабораториях различного профиля и санитарно-гигиенических лабораториях, противопожарная безопасность.

Во второй главе представлены виды лабораторной посуды из стекла общего, специального назначения, определение цены деления; работа с мерной лабораторной посудой, правила обращения с различными видами лабораторной посуды, техника безопасности при работе со стеклянной посудой, вспомогательные принадлежности и их назначение, правила нагревания различных видов лабораторной посуды, правила предстерилизационной обработки лабораторной посуды, методы очистки, правила пипетирования при проведении лабораторных исследований в клинико-диагностических лабораториях различного профиля, виды технических работ в лаборатории, их выполнение.

Третья глава посвящена изучению видов нагревательных приборов (спиртовка, лабораторные бани, электронагревательные приборы), их устройству и правилам работы, технике безопасности. Описываются основные методы дезинфекции, стерилизации лабораторной посуды, режимы воздушной и паровой стерилизации, контроля работы стерилизаторов термоиндикаторами. Уделяется внимание техникам фильтрования, центрифугирования. Разбираются виды фильтров, правила их выбора. Рассматриваются способы фильтрования, виды центрифуг. Описываются приборы для взвешивания, устройство аптечных, теххимических весов; точность взвешивания. Подготовка весов к работе. Правила работы с разновесом, весами. Техника безопасности при работе с химическими реактивами. Устройство торсионных, аналитических весов; точность взвешивания. Подготовка весов к работе; правила работы. Виды современных электронных весов, правила работы.

В четвертой главе рассматриваются принцип работы микроскопа, методы микроскопии, виды микроскопов, их назначение, устройство биологического микроскопа, подготовка микроскопа к работе, техника безопасности при работе, правила обращения с микроскопом, его подготовка к работе с естественным освещением, правила приготовления, микроскопии нативного и окрашенного препаратов, уход за микроскопом.

Пятая глава посвящена классификации растворов, способам выражения технических и аналитических концентраций растворов, расчетным формулам.

Шестая и седьмая главы дают информацию о качественном и количественном анализе. Главы посвящены разделению ионов на аналитические группы, способам проведения качественных реакций, анализу вещества неизвестного состава. Рассмотрению основ гравиметрического анализа, сущности титриметрического анализа, методам осаждения, аргентометрии, окислительно-восстановительной титриметрии.

Глава восьмая посвящена основам физико-химического анализа. Раскрывается сущность фотометрических, электрометрических, хроматографических методов, методов

визуальной колориметрии; дается понятие сухой химии, основного закона светопоглощения Бугера — Ламберта — Бера, рассматриваются принципы определения оптической плотности, прозрачности, концентрации исследуемого раствора на фотометрических приборах. Описывается принцип работы иономера, рН-метра, его подготовка к работе, калибровка, проведение измерения. Уделяется внимание сущности и видам электрофореза. Изучаются рефрактометр и поляриметр.

Виды лабораторных погрешностей, их причины, внутрилабораторный контроль качества, виды контрольного материала, методики статистической обработки результатов количественных определений, оценка воспроизводимости и правильности результатов анализа, калибровка мерной посуды, проведение контроля качества выполненных исследований, статистическая обработка результатов количественных определений с оценкой воспроизводимости и правильности результатов анализа описываются в девятой главе.

Учебник предназначен студентам колледжей и училищ, обучающимся по специальности «Лабораторная диагностика». Также полагаем, что данный материал может быть полезен работникам лабораторий медицинских организаций. Учитывая тот факт, что учебная дисциплина «Физико-химические методы исследования и техника лабораторных работ» не является статичной, авторы учебника будут благодарны за предложения, замечания и пожелания коллег и учащихся.

ГЛАВА 1

Основные представления о деятельности медицинской лаборатории

1.1. Виды и назначение медицинских лабораторий

Лаборатория — это специальным образом аккредитованная организация для проведения исследований и выдачи заключения о качестве. Лаборатории имеют различную направленность в зависимости от области, в которой они функционируют.

Выделяют следующие виды лабораторий.

Медицинские лаборатории — проводят медицинские исследования. Они могут представлять собой как отдельную медицинскую организацию, имеющую лицензию, так и находиться в структуре уже существующей больницы. Примерами исследований, проводимых в медицинской лаборатории, являются анализ крови, исследования мочи и кала, цитологические, гистологические, гематологические, биохимические, гормональные, аллергические и другие исследования.

Производственные лаборатории — это лаборатории, которые отвечают за соблюдение норм санитарно-эпидемиологического законодательства с целью обеспечения безопасности человека и среды его обитания. Проводят анализ физических и химических параметров производственной и окружающей среды, а именно: параметров воздуха, питьевой и технической воды; оценивают уровень шума и вибрации, изучают освещенность в производственных помещениях. Лаборатория, осуществляющая эту деятельность, должна быть аккредитована в установленном порядке.

Химическая лаборатория — в своей деятельности проводит химические анализы, исследует строение и химический состав различных веществ. Разновидностями химической лаборатории могут быть:

- *органическая лаборатория*, осуществляющая синтез новых органических соединений, сырья, готовой продукции;

- *аналитическая лаборатория*, проверяющая товары и материалы на соответствие техническим условиям, государственным стандартам качества, фармакопейным статьям. Определяет наличие или отсутствие примесей, качественный состав и количественное содержание.

Могут быть *лаборатории со смешанными функциями*: химико-аналитическая, эколого-аналитическая, химико-экологическая и др. Существует также много *узкоспециализированных лабораторий*: пищевые лаборатории; лаборатории по исследованию и анализу воды, металлов и сплавов, топлива, газа, нефти, биобезопасности.

Научно-исследовательские лаборатории — проводят научные работы в различных областях деятельности согласно своим функциям. Это могут быть фармацевтическая, медицинская, биологическая, химическая и другие направленности.

Лаборатория контроля качества — основными ее задачами являются организация и проведение контроля качества полученной продукции, разработка системы менеджмента качества технологических процессов, выполнение корректирующих и предупреждающих мероприятий, входной контроль поступающего сырья и приемо-сдаточный контроль готового продукта.

Основные виды медицинских лабораторий представлены на рисунке 1.

Клинико-диагностическая лаборатория специализируется на определении физико-химических свойств внутренних сред организма (кровь, моча), а также микроскопии биологических субстратов (мокроты, кала).

Биохимическая лаборатория определяет биологически активные вещества и химические свойства биологических субстратов (например, пробы печени).

Бактериологическая лаборатория проводит исследования, связанные с диагностикой бактериальных заболеваний.

Вирусологическая лаборатория выполняет исследования, связанные с диагностикой и лечением заболеваний, вызванных вирусами, а также с производством иммунобиологических препаратов (сывороток, вакцин, диагностических средств).



Рис. 1. Основные виды медицинских лабораторий

Паразитологическая лаборатория специализируется на выполнении исследований, связанных с обнаружением паразитов и проведением санитарно-гельминтологических исследований; определении инвазий.

Цитологическая лаборатория выполняет исследование клетки с помощью метода биопсии.

Иммунобиологическая лаборатория проводит исследования клеточного и гуморального иммунитета.

Микробиологическая лаборатория проводит исследования в области безопасности и качества биологического материала из окружающей среды, а именно: санитарно-паразитологические, вирусологические и биологические исследования окружающей среды и человека; исследование природных очагов инфекционных заболеваний человека.

Фармакологическая лаборатория занимается исследованием фармакологических свойств новых или уже имеющих соединений и лекарственных средств.

Патологоанатомическая лаборатория устанавливает причины смерти с помощью исследования биопсийного материала.

Судебно-медицинские лаборатории выполняют исследования и ищут вещественные доказательства повреждения живых лиц, устанавливают время смерти умерших и проводят обследование вещественных доказательств в рамках судебного разбирательства.

Целями работы медицинских лабораторий являются:

1. Выявление факторов развития заболеваний, влияющих на здоровье пациента и в целом на экосистему.

2. Мониторинг выявления, диагностика заболеваний и патологических состояний, их прогноз.

3. Оценка распространенности выявленного заболевания, его тяжести, степени активности конкретного возбудителя.

4. Выявление механизмов развития острых состояний, критических осложнений, хронических заболеваний.

5. Разработка индивидуальных схем лечения на основе данных лабораторных исследований.

6. Проведение мониторинга используемых лекарственных препаратов на предмет их эффективности и безопасности.

7. Оценка рисков, которые могут возникнуть при использовании лекарственных препаратов, и определение вреда для здоровья пациента.

8. Определение наркотических средств и психотропных веществ и их метаболитов, токсических веществ в биологических жидкостях человека.

В медицинских лабораториях проводят следующие виды клинических лабораторных исследований (табл. 1).

Таблица 1

Виды клинических лабораторных исследований

Вид исследования	Пример
1	2
Химико-микроскопические	Анализ мочи, анализ кала
Гематологические	Общий анализ крови, исследование скорости оседания эритроцитов, исследование уровня ретикулоцитов в крови
Цитологические	Цитологическое исследование микрореферата шейки матки
Биохимические	Биохимическое исследование состава крови
Коагулологические	Показатель коагулограммы (протромбин, тромбиновое время)
Иммунологические	Скрининговое иммунологическое обследование
Иммуногематологические	Исследование уровня интерлейкина 1 бета в сыворотке крови
Химико-токсикологические	Химико-токсикологические исследования наличия в организме человека наркотических средств, психотропных веществ и их метаболитов
Молекулярно-биологические	Молекулярно-биологическое исследование на вирус папилломы человека высокого канцерогенного риска
Генетические	Риск развития рака при курении, полное генетическое обследование
Микробиологические	Посев на анаэробную микрофлору и определение чувствительности к антибиотикам
Бактериологические	Микроскопическое бактериоскопическое исследование мазка, окрашенного по Граму

Окончание табл. 1

1	2
Паразитологические	Анализ кала на простейшие, антитела к антигенам лямблий
Вирусологические	Исследование на наличие клеща, антитела к ВИЧ 1 и 2 и антиген ВИЧ 1 и 2

Лабораторные исследования могут проводиться в рамках оказания различных видов медицинской помощи (рис. 2).

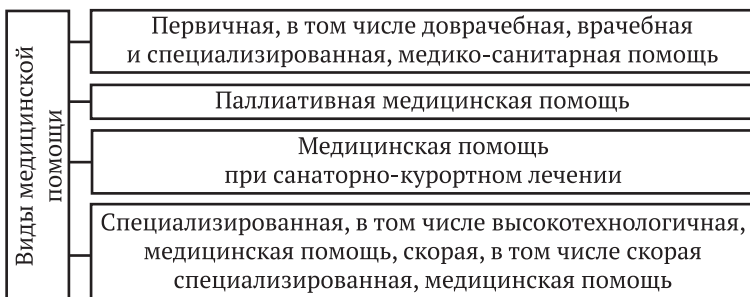


Рис. 2. Виды медицинской помощи, при которой проводятся лабораторные исследования

Лабораторные исследования могут проводиться в следующих случаях:

- в стационаре — при условии круглосуточного медицинского наблюдения и соответствующего лечения;
- в дневном стационаре — в условиях медицинского наблюдения в дневное время;
- амбулаторно — без круглосуточного медицинского наблюдения и лечения;
- в передвижных клиничко-диагностических лабораториях.

В качестве предмета клинических лабораторных исследований выступают биологические материалы (жидкости, ткани, клетки человеческого организма); оцениваются состояние органов, физиологических систем резервных

Учебное издание

**Мельникова Ольга Александровна
Мельников Михаил Юрьевич**

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНИКА
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Ответственный редактор *М. Железнякова*
Выпускающий редактор *Г. Логвинова*

Формат 84x108^{1/32}. Бумага офсетная.
Тираж 2000 экз. Заказ №

Издатель и изготовитель: ООО «Феникс».
Юр. и факт. адрес: 344011, Россия, Ростовская обл.,
г. Ростов-на-Дону, ул. Варфоломеева, д. 150
Тел/факс: (863) 261-89-65, 261-89-50

Изготовлено в России. Дата изготовления: 10.2023. Срок годности не ограничен.

Отпечатано в АО «ТАТМЕДИА»

Филиал «Полиграфическо-издательский комплекс "Идел-Пресс"».

Юр. адрес: 420097, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академическая, д. 2
Факт. адрес: 420066, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Декабристов, здание 2