

1. Актуальность

В последние десятилетия наблюдается рост и распространение антимикробной резистентности (АМР) среди микроорганизмов различных видов. Рост устойчивости к антимикробным препаратам (АМП) возбудителей инфекционных заболеваний ассоциирован с увеличением смертности, продолжительности заболевания и финансовых затрат.

Для противодействия угрозе АМР правительство Российской Федерации (РФ) утвердило «Стратегию предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030» (распоряжение Правительства Российской Федерации №2045-р от 25.09.2017 г., далее – Стратегия предупреждения АМР) и план по ее реализации. Проблема АМР признана одной из биологических угроз в соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2020 г. N 492-ФЗ «О биологической безопасности в Российской Федерации».

Учитывая сложность и многомерность проблемы АМР как для системы здравоохранения, так и для экономики Российской Федерации, с целью выполнения задач Стратегии предупреждения АМР, представленным коллективом авторов разработана и внедрена в практику комплексная многоуровневая система противодействия антимикробной резистентности.




2. Научно-техническая идея, практические достижения



Научно-техническая идея заключается в разработке и практическом внедрении комплексной многоуровневой системы противодействия АМР, состоящей из компонентов: методологических подходов и алгоритмов, программных комплексов и решений, создающих единую «экосистему» для реализации концепции «многоуровневого управления АМР основанного на данных».


Учитывая важность проблемы АМР и для обеспечения доступности разработанных технологий, предложенный комплекс решений предоставляется по открытой лицензии, т.е. используется свободно с использованием сети Интернет.

Программные комплексы и компоненты дополняют друга друга и направлены на решение различных задач Стратегии предупреждения АМР (Таблица 1).

Таблица 1. Комплексы многоуровневой системы противодействия АМР

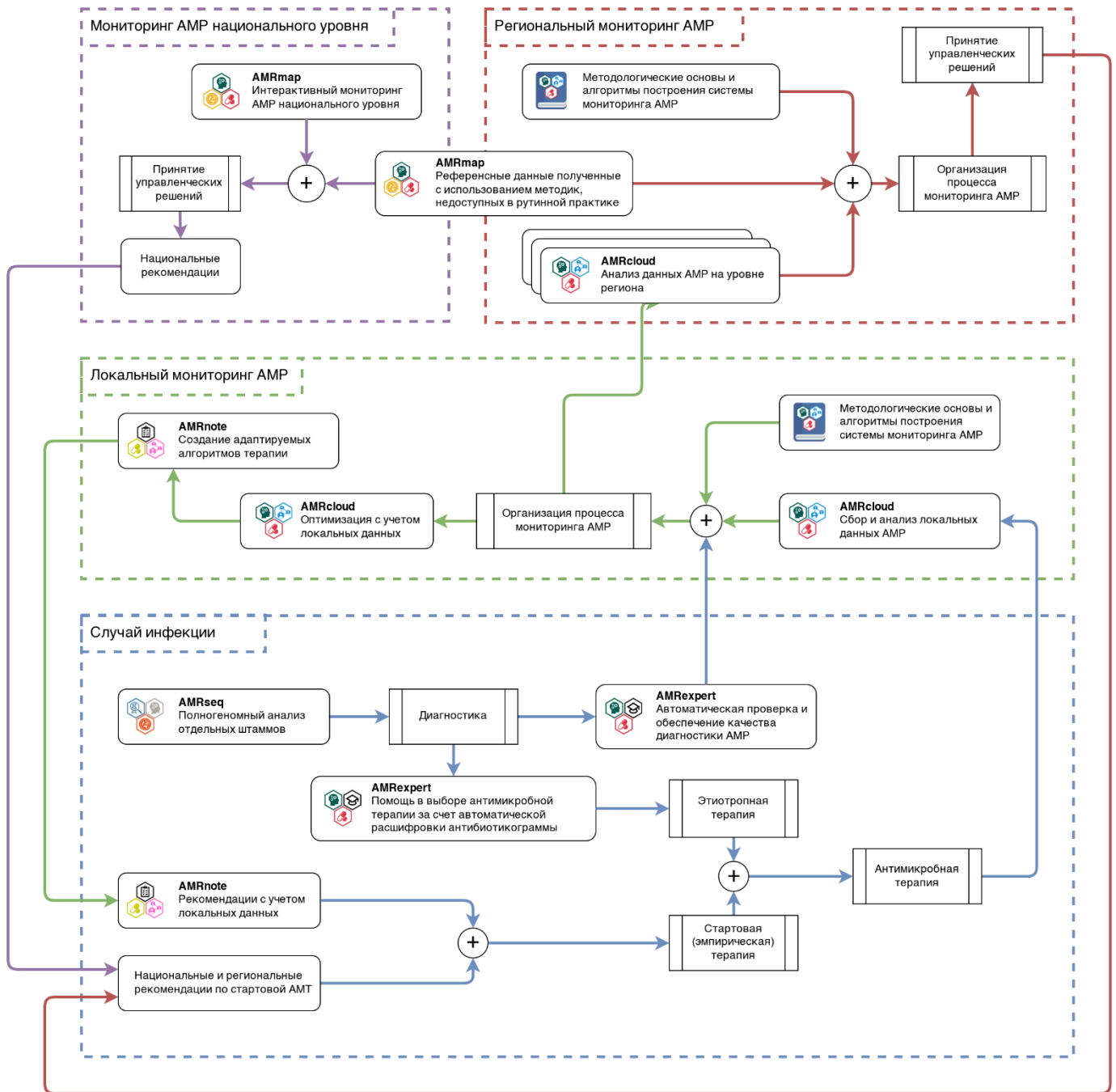
Комплекс (год запуска)	Области применения	Показатели Комплекса	Стратегия предупреждения АМР (задачи)
AMRmap (2017) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Интерактивный мониторинг АМР в РФ ● Референсные данные АМР с анализом в реальном времени 	<ul style="list-style-type: none"> ● 22 000 пользователей ● Цели использования: 81,6% -эпидемиология АМР; 38,4% - назначение АМП ● 7500 штаммов в год 	<p>Системный мониторинг АМР</p>
AMRcloud (2020) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Платформа для мониторинга АМР региона или организации ● Приближение к локальной ситуации в регионе и/или организации ● Сквозная технология для здравоохранения, ветеринарии, а также экспорта в страны для противодействия АМР 	<ul style="list-style-type: none"> ● 1500 «локальных карт АМР» организаций или регионов ● 1637 пользователей ● 224 команды по локальному мониторингу АМР ● платформа выступила основой для ветеринарного мониторинга АМР 	<ul style="list-style-type: none"> ● Системный мониторинг АМР ● Межведом. взаимодействие и развитие междун. сотрудничества в области предупреждения и ограничения АМР
AMRnote (2021) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Адаптируемые алгоритмы терапии инфекций с учетом 	<ul style="list-style-type: none"> ● 5157 пользователей ● 189 разработчиков локальных схем и протоколов АМТ 	<ul style="list-style-type: none"> ● Предупреж. и ограничение распространения и циркуляции

	<p>локальных данных АМР конкретного стационара</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Среда для составления и обмена алгоритмами по выбору АМТ с доступностью к актуальной информации 	<ul style="list-style-type: none"> ● 763 алгоритма АМТ с учетом локальных данных ● 55 открытых стартовых шаблонов схем АМТ для модификации пользователями 	<p>возбудителей с АМР</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Контроль за оборотом противомикр. препаратов, химических и биологических средств
<p>AMRexpert (2022)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Автоматическая проверка и обеспечение качества диагностики АМР (в лаборатории или для анализов в регионе) ● Выбор АМТ конкретного пациента за счет автоматической расшифровки антибиотикограммы 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2850 уникальных пользователей ● обработано 84257 результатов определения чувствительности микроорганизмов к АМП 	<p>Предупреж. и ограничение распространения и циркуляции возбудителей с АМР</p>
<p>AMRseq (2021)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Платформы для полногеномного анализа данных АМР микроорганизмов в доступном виде 	<ul style="list-style-type: none"> ● 150 уникальных пользователей ● обработаны полногеномные данные 5756 штаммов 	<ul style="list-style-type: none"> ● Изучение механизмов возникновения АМР и разработка противомикробн. препаратов

<p>Рук-ва по монит. АМР в здравоохранении и ветеринарии (2022); курс ПК по монит. АМР (2022)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Создание методологических основ и алгоритмов для построения системы мониторинга АМР в системе здравоохранения ● Создание методологических основ и алгоритмов для построения системы мониторинга АМР в ветеринарии ● Обучение специалистов здравоохранения 	<ul style="list-style-type: none"> ● издано 3000 экземпляров практического руководства по мониторингу АМР в здравоохранении ● издано 3000 экземпляров руководства по мониторингу АМР в ветеринарии и животноводстве ● выпущено информационное письмо Минздрава РФ №30-5/И/2-9190 от 25.05.2023 для установления локального мониторинга АМР в медицинских организациях 	<ul style="list-style-type: none"> ● Повышение подготовки специалистов в соответствующих отраслях по вопросам, связанным с АМР ● Межведом. взаимодействие и развитие междун. сотрудничества в области предупреждения и ограничения АМР
--	---	--	--

Структура разработанной комплексной многоуровневой системы противодействия АМР и описание отдельных ее компонентов представлены на рисунке 1.

Рисунок 1. Комплексная многоуровневая система противодействия АМР



 **AMRmap (<https://amrmap.ru/>)**

AMRmap.ru («Карта антимикробной резистентности») – это онлайн-платформа анализа данных резистентности к АМП в РФ с набором инструментов для визуализации данных о чувствительности микроорганизмов к АМП и распространенности генетических детерминант устойчивости к АМП.

База данных AMRmap ежегодно пополняется в рамках проспективных многоцентровых эпидемиологических исследований АМР. Представлена информация об АМР более чем 60 тыс. клинических изолятов микроорганизмов, выделенных в 55 городах РФ с 1997 по настоящее время, протестированные в центральной лаборатории с помощью референсных методов недоступных в рутинной практике. Данные АМР анализируются с учетом ряда параметров: источников возникновения инфекции (внебольничная/нозокомиальная), географической локализации, типу и локализации инфекции, клиническому материалу, профилю отделения, возрасту пациента, группе/видам микроорганизмов, антибиотику и генетическим маркерам АМР.

 **AMRcloud (<https://amrcloud.net/>)**

Онлайн-платформа по анализу, визуализации и представлению данных по АМР – AMRcloud.net позволяет оценить индивидуальные показатели конкретной медицинской организации или региона по АМР в рамках локального мониторинга.

Медицинским и прочим организациям предоставляется платформа для создания в закрытом режиме локальных карт АМР на основе данных микробиологической лаборатории, с доступностью «24/7» и с настройкой под организацию. Специалисты конкретной организации в «реальном времени», получают информацию о спектре возбудителей инфекций и их чувствительности к АМП.

Для внедрения подходов в учреждения здравоохранения подведомственных Министерству здравоохранения РФ выпущено информационное письмо Минздрава РФ №30-5/И/2-9190 от 25.05.2023 с инструкциями для локального мониторинга АМР на уровне медицинских организаций. Применение платформы не ограничивается анализом штаммов, вызывающих заболевания у человека, способствуя реализации подхода «Единое здоровье». На платформе реализуются проекты мониторинга АМР в животноводстве ФГБУ ВГНКИ.

 **AMRnote (<https://amrnote.net/>)**

AMRnote.net – это онлайн-платформа для формирования и обмена алгоритмами терапии инфекций с учетом локальных данных АМР. Медицинским и прочим организациям предоставляется платформа для создания, аккумуляции, непрерывного

обновления и обмена алгоритмами антимикробной терапии с учетом данных локального мониторинга АМР в закрытом режиме, с доступностью «24/7». Платформа позволяет «приблизить» схемы эмпирической АМТ к реалиям эпидемиологии АМР в конкретном стационаре, а также улучшить процесс стандартизации подходов к лечению тяжелых инфекций мультидисциплинарной командой специалистов.

AMRexpert (<https://amrexpert.ru/>)

AMRexpert.ru – это онлайн-платформа для интерпретации и экспертного анализа результатов определения чувствительности к антибиотикам (антибиотикограмм). Платформа необходима для решения задач: 1) для автоматической проверки результатов диагностики АМР штаммов, выделенных от конкретных пациентов с целью корректировки ошибок и помощи в выборе этиотропной терапии инфекций 2) обеспечить качественные исходные данные диагностики АМР как базис для локального и национального мониторинга АМР.

AMRseq (<https://amrseq.net/>)

AMRseq.net – это онлайн-платформа для анализа бактериальных геномов и предсказания наличия генов устойчивости к антимикробным препаратам, вирулентности, патогенности, а также типирования возбудителей. Платформа позволяет аннотировать геномы, создавать собственные коллекции геномов, проводить типирование, формировать собственные базы данных генов для аннотации, проводить комплексный анализ полученных данных с помощью встроенных средств визуализации по полученным геномам и результатам их аннотации и типирования.

3. Краткая оценка новизны, отличающая данную работу

Комплексная система способствует реализации задач Стратегии противодействия АМР, за счет создания технологий и ресурсов ранее отсутствовавших в РФ, а именно:

- карты антимикробной резистентности, позволяющей в реальном времени проводить анализ данных АМР (референс-данные национального уровня);
- единых подходов к мониторингу АМР в системе здравоохранения и животноводстве;
- универсальной платформы для мониторинга АМР на уровне отдельной организации и/или региона(ов) с целью организации многоуровневой системы мониторинга АМР;

- системы для создания и обмена алгоритмами АМТ, основанными на локальных данных АМР;
- системы автоматической проверки результатов микробиологической диагностики АМР с целью последующего выбора АМТ для конкретного пациента;
- универсальной системы для интерактивной аннотации, типирования и комплексного анализа полногеномных данных в контексте изучения проблемы АМР.

4. Сравнение с существующими отечественными и зарубежными аналогами

Таблица 2. Разработанные решения и их аналоги

Решение	Аналог и в РФ	Зарубежные аналоги	Преимущества комплекса
AMRmap 	Нет	GLASS (ВОЗ) National Healthcare Safety Network (США)	Расширенный спектр возбудителей; данные по инфекциям различных локализаций; результаты определения АМР получены референсным методом (более надежные результаты); расширенный анализ данных
AMRcloud 	Нет	Отсутствуют	Универсальное решение для организации системы мониторинга АМР на различных уровнях, так и различных целей (здравоохранение, животноводство)
AMRnote 	Нет	Sanford Guide with Stewardship Assist	Интеграция с локальными данными АМР (и в частности с системой AMRcloud); учитывает требования российских клинических рекомендаций; обеспечивает более гибкую настройку за счет модульности (адаптация для любых руководств по терапии и диагностике)

<p>AMRexpert</p> 	Нет	Отсутствуют	Универсальная система для автоматической проверки результатов диагностики АМР; расшифровка антибиотикограммы для помощи в выборе антимикробной терапии с учетом результатов диагностики АМР
<p>AMRseq</p> 	Нет	CARD; ResFinder; AmrFinder	Создание собственных схем типирования и правил; загрузка своих геномных баз данных; ведение коллекции геномов; настройка справочников и словарей

5. Достигнутый экономический и/или социальный эффект

Учитывая важность проблемы АМР и для обеспечения доступности разработанных технологий, предложенный комплекс решений предоставляется по открытой лицензии, т.е. используется свободно и доступен в сети Интернет. Представленная комплексная многоуровневая система противодействия антимикробной резистентности используется в учреждениях страны, вовлеченных в решение проблемы АМР.

Принимая во внимание многокомпонентность проблемы АМР прямая оценка экономического эффекта затруднена. Однако предложенный комплекс продуктов, с учетом его свободного распространения, направлен на решение задач реализации Стратегии предупреждения АМР и на снижение рисков, связанных с ростом АМР (в том числе уменьшение смертности и ассоциированных с АМР экономических потерь), через улучшение качества диагностики АМР, мониторинга АМР и рациональное использование АМП в соответствии с рекомендациями и стандартами оказания помощи с учетом локальных данных АМР (в зависимости от сферы деятельности: здравоохранение, ветеринария, сельское хозяйство).