

С. Т. Жолдошев

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА ЗА РАСПРОСТРАНЕНИЕМ СИБИРСКОЙ ЯЗВЫ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

*Институт медицинских проблем, Южное отделение НАН Кыргызской Республики,
г. Ош, Кыргызская Республика*

В целях совершенствования эпидемиологического надзора за распространением сибирской язвы, обоснована необходимость разработки единой информационно-аналитической программы, основанной на ГИС-технологии, направленной на создание широкого спектра, эпидемиологических, эпизоотологических прогнозов, позволяющих обосновать современную стратегию мониторинга очаговых территорий.

Ключевые слова: ГИС-технологии, сибирская язва, информационно-аналитическая программа.

Применение математических методов при изучении эпидемий было начато D. Bernoulli в середине XVII в. (1760 г.). Он впервые использовал простейший математический аппарат для оценки эффективности профилактических прививок против натуральной оспы. Вслед за этим последовал значительный перерыв, который завершился работами английского ученого W. Farr (1940 г.). Он изучал и моделировал статистические показатели смертности населения Англии (Уэльса) от эпидемии натуральной оспы в 1837–1839 гг. Этот ученый впервые получил математические модели показателей «движения» эпидемии натуральной оспы в виде статистических закономерностей, что позволило ему в итоге составить прогностическую модель этой эпидемии.

В начале XX в. статистический подход W. Farr в изучении эпидемий был переосмыслен и затем развит в работах Джона Браунли, в которых он анализировал статистические закономерности «движения» эпидемиологических показателей с помощью малоизвестных методов математической статистики. Однако этот статистический подход в изучении закономерностей развития эпидемий существенно отличается от аналитического подхода, который был предложен в России в конце XIX в. (Енько П. Л., 1889), а затем в начале XX века были сформулированы основы современной теории математического моделирования эпидемий (МТЭ), разработаны первые прогностические модели эпидемий (корь, ветрянка, малярия и др.), изучены их основные свойства, получены аналитические формулы для прогнозирования эпидемий.

Появление в середине 50-х годов XX в. первых электронно-вычислительных машин стало следующим этапом в развитии МТЭ, когда число научных работ и публикаций по математическому и компьютерному моделированию эпидемий стало быстро увеличиваться. В работах того времени появлялись все более сложные математические модели, в которых существенную роль играли *случайные факторы эпидемического процесса*, поэтому большинство моделей этого периода имели стохастический (вероятностный) характер, а рабочим аппаратом была теория

вероятностей и случайных процессов. Этот этап в развитии МТЭ был связан с «натиском» на эпидемиологию «чистых» математиков, которым удалось создать множество абстрактных моделей, но с весьма ограниченным эпидемиологическим содержанием [2].

Следующий этап в развитии МТЭ, который относится ко второй половине XX в., был связан с быстрым прогрессом в области компьютерных технологий (разработаны мощные компьютеры с новейшими инструментами программирования и моделирования). В 60–70-е годы в странах Запада были разработаны новые типы детерминированных и стохастических моделей эпидемий, ориентированные на изучение закономерностей развития социально-значимых вирусных и бактериальных инфекций.

Однако, несмотря на высокую сложность таких моделей и изощренность математического аппарата, большинство моделей продолжало иметь абстрактный характер, т.е. они были слабо связаны с постановкой и решением практических задач эпидемиологии. Дело в том, что ведущие научные центры по изучению эпидемий в США и в странах Западной Европы в то время располагались в университетах или в медицинских школах при университетах, которые были достаточно далеки от реальных проблем эпидемиологии, ее реальной практики. В свою очередь, эпидемиологи плохо воспринимали абстрактные математические (детерминированные или стохастические) модели эпидемий и вспышек и не могли их сочетать с практическими потребностями.

Таким образом, в 70-е годы XX в. на Западе наметился серьезный разрыв между «чистой» теорией математического моделирования эпидемий и реальной практикой применения этой теории в эпидемиологии.

Первые исследования, которые наметили пути преодоления указанного разрыва, были выполнены в 60-е годы в СССР академиком О. В. Барояном и профессором Л. А. Рвачевым (1977 г.). Ими была разработана новая методология математического моделирования эпидемий – ЭПИДДИНАМИКА. Данная методология основана на методе научной аналогии

в отображении эпидемического процесса (процесс «переноса» возбудителя инфекции от больных к здоровым) с процессом «переноса» материи (энергии, импульса и др.) в уравнениях математической физики (Боев. Б.В., 1991). Действительно, в ходе развития эпидемии среди населения территории, пораженной инфекционным заболеванием, формируется сложный взаимно поддерживающийся процесс «переноса» популяции возбудителя на сообщество восприимчивых людей. Эпидемиологическое содержание данного процесса связано с адекватным его отображением как в календарном времени « t », так и во «внутреннем времени « τ », которое фиксирует развитие инфекционного заболевания у множества лиц, пораженных инфекцией. Система уравнений, которая описывает развитие эпидемического процесса, представляет собой систему нелинейных уравнений в частных производных с соответствующими начальными и граничными условиями, весьма «схожими» с уравнениями гидродинамики (Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., 1954).

С применением этой методологии в ИЭМ им. Н.Ф.Гамалеи АМН СССР в 60–70-е годы были разработаны уникальные модели эпидемий гриппа для территории СССР, которые составлены на основе балансов «потоков» индивидуумов, проходящих основные стадии-состояния инфекционного процесса типа SEIR, где: S – восприимчивые, E – в инкубации, I – инфекционные больные, R – переболевшие.

Новая модель эпидемий гриппа на территории СССР имела адекватное медико-биологическое содержание, т.к. отражала особенности развития как индивидуальных, так и «коллективных» процессов гриппозной инфекции среди восприимчивого населения множества городов, пораженных патогеном. Эффективность моделирования эпидемий гриппа была продемонстрирована в 70-е годы при прогнозировании более 170 эпидемий на территории более 100 городов СССР (Бароян О.В., Рвачев Л.А., 1977). Новая методология моделирования эпидемий оказала существенное воздействие на исследования по математическому и компьютерному моделированию эпидемий в СССР (в России). Так, к концу 90-х годов в ГУ НИИЭМ им. Н.Ф.Гамалеи РАМН с ее помощью была реализована уникальная «коллекция» математических (компьютерных, в виде Windows-приложений) моделей для изучения эпидемий и вспышек значимых инфекций с феноменологией типа SEnImRF, где: En – « n » стадий инкубационного периода; Im – « m » стадий (различных клинических форм инфекционного заболевания); R – переболевшие заболеванием, F – погибшие от осложнений.

Исключительное значение имеет внедрение новых технологий в совершенствование эпидемиологического надзора за инфекционными болезнями в современных условиях, так как без коренного изменения системы информационно-аналитического обеспечения невозможна деятельность противоэпидемической службы. Действительной основой повышения

эффективности мер по профилактике инфекционных заболеваний, наносящих огромный социально-экономический ущерб, является реальное усиление деятельности подразделений инфекционной службы на основе современных компьютерных технологий [6–17, 19, 25].

Информационные системы управления (ИСУ) представляют собой упорядоченный способ сбора, хранения, организации, анализа и распространения данных, которые делают их значимыми, полезными и простыми для понимания. ИСУ позволяют: снабжать руководителей и врачей своевременной, точной и конкретной информацией; совершенствовать процесс принятия административных решений; объективно оценивать качество обслуживания пациентов; повысить эффективность работы лечебно-профилактических учреждений.

Компьютерные системы позволяют повысить функции управления, в частности стратегического планирования, управления финансами, отчетности перед вышестоящими структурами, отчетности перед внешними структурами, исследования и обучения.

Имея посредственное отношение к процессу управления, компьютерные технологии являются мощным инструментом улучшения таких характеристик как скорость, точность, восприимчивость.

При математическом анализе распространения инфекционных заболеваний нужно исходить из того, что в ходе эпидемического процесса взаимодействуют две популяции – человек-хозяин и возбудитель-паразита, которые гетерогенны по ряду признаков, эти признаки в процессе взаимодействия популяций претерпевают динамическую изменчивость, реализация взаимодействия осуществляется при наличии определенных природных и социальных условий. Популяции возбудителей приурочены к определенным территориальным, социальным или иначе обособленным группам населения. В эпидемиологии термином «популяция людей» определяются территориальные, социальные, бытовые или возрастные группы людей в пределах циркуляции возбудителя [3, 4, 6, 20–23]. При этом паразитарная система с участием человека носит социально-биологический характер.

Классики отечественной эпидемиологии анализ механизма развития эпидемического процесса проводят на основе теории механизма передачи с выделением понятий основных и дополнительных источников. Основной источник – специфический хозяин возбудителя, обеспечивающий его сохранение как биологического вида, дополнительный – неспецифический хозяин возбудителя, способный передавать его людям, который реализуется через три стадии: выделение возбудителя из зараженного организма, внешней среды, внедрение в восприимчивый организм. Разработанная В.Д.Беляковым и соавт. [2] теория саморегуляции паразитарных систем углубляет понятие «эпидемический процесс» и расширяет возможности его анализа. Согласно этой теории эпи-

демический процесс является результатом взаимодействия двух популяций, которые неоднородны по принципам их соотношения друг к другу: популяция паразита – по вирулентности, антигенности, а популяция хозяина – по восприимчивости, по способности вырабатывать и сохранять иммунитет. Если раньше делали акцент на внешние регуляторные механизмы, то сейчас к ним добавляют внутренние.

Согласно теории саморегуляции паразитарные системы являются универсальными независимо от вида хозяина и природы возбудителя-паразита. Конкретные же механизмы саморегуляции строго индивидуальны. Медицинское значение имеют проблемы саморегуляции эпидемического процесса, в котором участвуют возбудители, опасные для человека. Заражение людей происходит при их контакте с очагами в фазу распространения возбудителя, когда он характеризуется наиболее выраженной вирулентностью.

Следовательно, эпидемический процесс – сложная динамическая самоорганизующаяся, многопараметрическая, нелинейная система, которая требует соответствующих методов и средств исследования.

С широким внедрением компьютерной техники все больше расширяются возможности методологического разнообразия в изучении эпидемического процесса и прежде всего привлечения модельного эксперимента для более глубокого понимания механизмов эпидемического процесса и эффективного воздействия на его динамику [1, 23, 24].

Традиционный эпидемиологический анализ опирается на аппарат математической статистики и связанные с ним вычислительные методы [4, 5, 6]. При этом большое внимание уделяется выявлению, с одной стороны, циклических компонент процесса, а с другой – направлений и выраженности эпидемиологической тенденции. В целом этот метод при всем своем многообразии сводится к математико-статистическому анализу имеющихся фрагментарных данных и не позволяет исследовать эпидемический процесс как сложную систему. Сегодня все отчетливее проявляются недостатки обычных статистических методов для прогнозирования развития эпидемического процесса. Эти недостатки связаны, прежде всего, с тем, что не учитывается возможность изменения факторов, влияющих на его развитие. Этот подход не предполагает исследование механизмов процесса, следствием чего является крайне небольшой срок прогнозирования.

Компьютеризация всех направлений деятельности человека позволяет с другой стороны подойти к проблеме прогнозирования развития эпидемического процесса – методом математического моделирования. Преимуществом моделирования эпидемического процесса является возможность не только анализа следствий любых изменений моделируемого явления, но и проверки адекватности любого набора аксиом в рамках исходных постулатов, путем сравнения результатов моделирования с реальным течени-

ем эпидемического процесса [4, 5, 6].

Имеется несколько основных подходов к проблеме математического моделирования эпидемического процесса. Математическое моделирование оперирует понятиями численного (формализация полученных экспериментальным путем или в наблюдениях параметров, характеризующих текущее состояние эпидемического процесса и процесс его изменения во времени) и аналитического (качественное описание такого явления, внутреннее устройство и закономерности развития которого известны не совсем точно, с его помощью вырабатываются общие представления о возможных свойствах явления) моделирования [18, 26].

Наиболее адекватно научным целям при моделировании эпидемического процесса отвечает использование аппарата математической теории, специально созданной на основе представлений, распространенных в эпидемиологии. При этом динамика процесса описывается в виде системы дифференциальных или разностных уравнений, математическое моделирование этого уровня развивается в рамках детерминистского и стохастического подходов. Детерминистский подход строится на предположении о бесконечности рассматриваемой человеческой популяции и полном отделении эпидемического процесса от элементов случайности (Попов М.П., 1977), при стохастическом подходе численность популяции принимается конечной, а эпидемический процесс – случайным [3].

Следует отметить, что некоторые авторы указывают на определенный кризис идеологии математического анализа эпидемического процесса [4]. Действительно, используемые математическим моделированием причинно-следственные связи не могут точно задать явление. Даже постановка задачи поиска связей, точно задающих систему, опирается, как следует из опыта моделирования, в тот факт, что эпидемический процесс не похож на обычное линейное явление. Следовательно, решение проблемы может состоять в расширении существующей математической идеологии анализа эпидемического процесса как сложной многопараметрической системы.

Методы математического моделирования пока долго не находили широкого применения в анализе и прогнозировании распространения сибирской язвы в различных группах населения. Для этого имеются ряд причин:

- существующие методы математического моделирования основаны на сложных аналитических выражениях и системах уравнений, которые существенно формализуют эпидемический процесс, выделяя лишь некоторые его общие стороны, при этом невозможно учесть все факторы риска, которые имеют существенное значение для распространения сибирской язвы;

- в традиционной практике эпидемиологического надзора за распространением сибирской язвы не учитываются факторы, определяющие фоновую ситуацию (социальный фон, уклад жизни, хозяйствование).

К сожалению, в основных направлениях деятельности по борьбе с распространением сибирской язвы, намеченных ВОЗ, не уделяется должного внимания формированию системного подхода к проведению эпиднадзора, т.е. объединению в единую систему всех его этапов: ретроспективного и оперативного анализа эпидобстановки, прогноза и принятия решения по выработке противоэпидемических мероприятий. Очевидно, что создание такой системы контроля и управления является необходимым условием повышения эффективности борьбы с эпидемией.

Формы математического моделирования распространения сибирской язвы в зависимости от рассматриваемой стадии развития заболевания можно условно разделить на три группы. Модели первой группы рассматривают заключительную стадию развития заболевания – стадию постановки диагноза, они оперируют информацией о динамике возникновения случаев сибирской язвы и формально получают как результат аппроксимации экспериментальных данных с помощью алгебраических функций и позволяют строить краткосрочный прогноз будущего развития эпидемиологического процесса. Модели этой группы не обладают высокой точностью прогноза, но их достоинством являются минимальные требования к экспериментальной и априорной информации. Модели второй группы рассматривают динамику заболеваемости в связи с процессом инфицирования, в них не изучается процесс распространения болезни в различных группах риска в популяции, а учитывается общая интенсивность инфицирования. С помощью моделей из этой группы легко построить прогноз динамики появления новых случаев сибирской язвы, этот прогноз учитывает предысторию процесса инфицирования и обладает большой потенциальной точностью. К третьей группе относятся модели, рассматривающие развитие процессов инфицирования в популяции. Сюда входят как простые модели, оперирующие лишь с двумя группами (инфицированные животные и восприимчивые люди), так и изощренные модели, учитывающие не только различия в группах (животные и население), в путях передачи бактерий, но и изменения в контактной ситуации восприимчивого населения. Подобные модели важны для оценки результатов медицинских и социальных мероприятий по борьбе и профилактике распространения сибирской язвы, но для построения сложных моделей, адекватно отражающих развитие эпидемии, необходимо использовать надежную экспериментальную, теоретическую и статистическую информацию.

Прорыв математического моделирования распространения массовых и особо опасных инфекционных болезней произошел с внедрением современных геоинформационных систем (ГИС) в эпидемиологию. Это совершенно новые компьютерные технологии, которые обеспечивают комплексную автоматизацию процессов сбора, хранения, обработки и анализа эпидемиологической информации с ее визуализацией на

электронных картах. Как известно, ГИС развивались последние 30 лет, но только недавно, в последние 2–3 года, они стали доступными как по цене, так и по возможностям их применения специалистами органов здравоохранения. Современные ГИС предлагают все расширяющиеся функциональные возможности для решения прикладных задач, связанных с оперативным анализом и прогнозом эпидемий и эпизоотий. Сегодня есть возможности выбора из многочисленных инструментов ГИС, которые приспособлены для обобщения результатов и процедур эпидемиологического анализа конкретных ситуаций, особенно в части визуализации результатов анализа на географических картах [1, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15].

ГИС применяют во многих сферах человеческой деятельности, особенно при использовании этих систем специалистами, решающими проблемы глобальной эпидемиологии – процессов распространения СПИДа, атипичной пневмонии, птичьего гриппа и других инфекционных заболеваний. Современные ГИС [10, 15, 17, 19], которые могут работать в интересах решения прикладных задач эпидемиологии, содержат 5 ключевых составляющих: аппаратные средства, программное обеспечение и эпидемиологические данные, обученных специалистов и специальные методы решения прикладных задач эпидемиологии.

Аппаратные средства – это современные персональные компьютеры с их программным обеспечением. Программное обеспечение ГИС содержит множество функций и различных инструментов для ввода, хранения, обработки, анализа, прогноза и визуализации исходной и результирующей эпидемиологической и географической (пространственной) информации. Основными компонентами программного обеспечения ГИС являются инструменты ввода и оперирования информацией, инструменты системы управления базой данных (СУБД), инструменты поддержки информационных запросов, анализа и отображения эпидемиологической информации, инструменты графического и пользовательского интерфейса, который обеспечивает легкий доступ к другим инструментам ГИС.

Применение ГИС особенно эффективно для детального отображения текущей или будущей картины развития эпидемической (эпизоотической) ситуации, воздействия на нее принятых специалистами мер по противодействию патогенам, по прогнозированию процессов распространения патогенов на региональном или глобальном уровне.

Эпидемиологическая или иная служебная информация в ГИС может содержать множество сведений о пространственном положении источников инфекции, распределении по территории действующих сил эпидемии или эпизоотии с привязкой к географическим или другим координатам на карте территории. ГИС может работать с двумя существенно отличающимися типами данных – векторными и растровыми.

Используемые в ГИС данные преобразуются в подходящий для обработки цифровой формат, например, с бумажных карт, в компьютерные файлы (оцифровка карт). В ГИС этот процесс автоматизирован с применением сканерной технологии. Многие эпидемиологические данные могут быть непосредственно переведены в форматы ГИС.

В небольших эпидемиологических исследованиях или проектах исходная информация может храниться в виде файлов. При расширении проекта или исследования, которые приводят к увеличению объемов информации, росту числа пользователей ГИС, эффективнее всего применять системы управления базами данных, т.е. специальные компьютерные средства ГИС, «настроенные» для работы с интегрированными базами данных. В ГИС используют реляционную структуру баз данных, в которых данные хранятся в табличной форме, и для связывания различных таблиц применяются общие поля данных. Это самый простой и достаточно гибкий подход, широко используемый для работы с данными в ГИС.

Для запроса и анализа информации в современных ГИС имеется множество мощных аналитических инструментов, которые нетрудно модифицировать для проведения эпидемиологического анализа.

Для многих типов пространственных операций с эпидемиологическими данными конечным результатом является их представление в виде карт или графиков. Карта – очень эффективный и информативный способ отображения и хранения эпидемиологической информации [1, 11, 12]. Раньше карты территорий, где были возможны эпидемии или эпизоотии, создавались на длительное время, но ГИС предоставляет новые инструменты, расширяющие и развивающие искусство картографии по каждой конкретной эпидемической ситуации [10, 11, 12, 13, 15]. С помощью инструментов ГИС возможна визуализация карт, наполненных текущей эпидемиологической информацией и данными в виде отчетных документов, графиков, таблиц, фотографий и современными мультимедийными средствами.

Таким образом, современные ГИС становятся все более важными инструментами для проведения прогнозно-аналитических исследований в эпидемиологии и эпизоотологии. Они позволяют существенно сократить время и снизить трудоемкость исследований, получить требуемые результаты по ходу развития эпидемий или эпизоотий. Это чрезвычайно важно для организации мер эффективного противодействия патогенам, т.к. обеспечивает не только объективность эпидемического анализа ранее сложившихся ситуаций, но и позволяет перейти к поиску и формированию рациональных стратегий противодействия как «старым», так и новым типам патогенов. Несмотря на то, что ГИС последовательно развивались в течение последних трех десятилетий, только сегодня они стали доступными для ученых и специалистов. Современные ГИС предлагают расширяющиеся функциональные возможности для решения

прикладных задач эпидемиологии и эпизоотологии при относительно невысокой их стоимости. При проведении эпидемиологического анализа процессов распространения инфекционных заболеваний с помощью инструментов ГИС специалистам уже есть из чего выбрать, особенно в части визуализации результатов исследований на географических картах. В этом случае целесообразно к ГИС добавить математическое и компьютерное моделирование эпидемий или эпизоотий, что открывает новые возможности в организации эффективных мер противодействия эмерджентным инфекциям, особенно таким, как сибирская язва, оспа, геморрагические лихорадки и другие массовые и особо опасные инфекции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адамович В.Л.* Сущность картографических методов для изучения причинности явлений в медико-географических исследованиях (методологический аспект). В кн.: Проблемы медико-географических исследований: Материалы научного симпозиума по вопросам картографирования для целей охраны природной среды и здоровья человека. М.; 1984. С. 50–103.
2. *Беляков В. Д., Голубев Д.Б., Каминский Г.Д., Теу В.В.* Саморегуляция паразитарных систем (молекулярно-генетические механизмы). Л., Медицина; 1987.
3. *Бейли Н.* Математика в биологии и медицине. М.; 1970.
4. *Беляков В.Д., Кравцов Ю.В., Герасимов Л.Н.* Состояние и перспектива математического моделирования в эпидемиологии. Журн. микробиол., эпидемиол. и иммунобиол. 1990; 6:109–13.
5. *Беляков В.Д., Герасимов Л.Н., Кравцов Ю.В.* Математическая модель эпидемического процесса антропонозной инфекции при стабильных и однородных факторах. Журн. микробиол., эпидемиол. и иммунобиол. 1991; 3:29–32.
6. *Бочаров Г.А., Гольдман И.Е.* Математическое исследование асимптоматической динамики экспериментальных вирусных инфекций. В кн.: Вычислительная математика и математическое моделирование. Т. 1. М.: ИВМ РАН, 2000. С. 198–213.
7. *Боровиков В.* Statistica: Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. СПб.: Питер, 2001. С. 16–45.
8. *Варшавский А.А., Тушкова Н.В., Хлян Л.А.* О необходимости ведения кадастрово-справочных карт распространения животных. В кн.: Териофауна России и сопредельных территорий: Матер. междунар. совещания; 6–7 февраля 2003; Москва. М.; 2003. С. 66.
9. *Джустин С.И.* Прогнозирование эпизоотической ситуации (на модели эпизоотического процесса сибирской язвы). РАСХН. Сибирское отделение. ИЭВС и ДВ. Новосибирск, 1996. 192 с.
10. *Кочкарев А.В.* Геоинформатика. Толкования основных терминов. Программно-аппаратное обеспечение, фонд цифрового материал. Услуги и нормативно-правовая база геоинформатики. Ежегодный обзор. Вып. 3. 1996–1997.
11. *Кузьмин И.В.* Современные информационные системы на службе рабологии. В кн.: Современные проблемы рабологии: Тезисы докладов научной конференции; 25–26 декабря 1998. М.; 1998. С. 5–6.
12. *Куценко К.Л., Герасимова М.В., Трубина Л.К.* Создание электронных карт для оценки загрязнения и анализа заболеваемости детского населения Ленинского и Кировского районов города. Новосибирск; 2001. С. 222.
13. *Кутузов А.В.* Формирование ГИС на основе данных биомониторинга (Рыбинское водохранилище). В кн.: Териофауна России и сопредельных территорий: Матер. Междунар. совещания; 6–7 февраля 2003; Москва. М.; 2003. С. 90.
14. *Онищенко Г.Г., Кутырев В.В., Кривуля С.Д.* и др. Стратегия борьбы с инфекционными болезнями и санитарная охрана территории в современных условиях. Пробл. особо опасных инф. 2006; 92:5–9.
15. *Потов Н.В., Куклев Е.В., Кутырев В.В.* Актуальные вопросы геоинформационного обеспечения мониторинга и прогнозирования эпизоотической активности природных очагов чумы и других зоонозных инфекций на территории Российской Федерации. Пробл. особо опасных инф. 2006; 92:28–30.
16. *Романюха А.А., Руднев С.Г., Зуев С.М.* Анализ данных и моделирование инфекционных заболеваний. В кн.: Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования. М.: Наука, 2005. Т. 2. С. 352–404.
17. *Саутин С.Н., Пушин А.Е.* Мир компьютеров и химическая технология. Л.; 1991. 184 с.
18. *Санникова Т.Е., Марчук Г.И., Романюха А.А., Яшин*

А.И. Старение системы иммунитета и динамика смертности. Анализ роли антигенной нагрузки. Успехи геронтологии. 2003; 10:74–85.

19. Сергиев В.П., Малышев Н.А., Дрынов И.Д. Инфекционные болезни и цивилизация. М.: 2000. 207 с.

20. Суфиянов В.Г., Русяк И.Г., Пономарев С.Б. Адаптация статистических алгоритмов распознавания образов в условиях неоднородной пространственно-временной структуры данных. В кн.: Труды IV международной научно-технической конференции «Информационные технологии в инновационных проектах». Ижевск, 2003. Ч. 2. С. 91–3.

21. Зueva Л.П., Яфаев Р.Х. Эпидемиология: учебник. СПб: Фолиант, 2005. 746 с.

22. Черкасский Б.Л. Инфекционные и паразитарные болезни человека. М.: Медицинская газета, 1994. 617 с.

23. Черкасский Б.Л. Закономерности территориального распространения и проявления активности стационарных неблагоприятных по сибирской язве пунктов. Эпидемиология и инфекционные болезни. 1999; 2:48–52.

24. Черкасский Б.Л., Ведерников В.А., Гаврилов В.А. и др. Методологические принципы разработки базы данных «Кадастр стационарно неблагоприятных по сибирской язве пунктов Российской Федерации». Фундаментальные и прикладные проблемы биотехнологии. Нижний Новгород, 2001. С. 127–8.

25. Хайтович А.Б., Кирьякова Л.С., Дулицкий А.И. и др. Перспективы использования ГИС-технологий в изучении карантинных и других особо опасных инфекций. Пробл. особо опасных инф. 2002; 84:174–8.

26. Sannikova T.E., Rudnev S.G., Romanvukha A.A., Yashin A.I. Immune system aging may be affected by HIV infection mathematical model of immunosenescence. Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2004; 19(4):315–30.

Об авторах:

Жолдосhev С.Т. Институт медицинских проблем, Южное отделение НАН Кыргызской Республики. 714004, Кыргызская Республика, г. Ош. E-mail: saporbai@mail.ru

S.T.Zholdoshev

Modern Opportunities of Informational and Analytical Subsystem for Epidemiological Surveillance of Anthrax Distribution (Analytical Review)

Institute of Medical Problems, South Branch of the Kyrgyz Republic NAS, Osh, Kyrgyz Republic

In order to improve epidemiological surveillance of anthrax distribution substantiated was the necessity to elaborate uniform informational and analytical program based on the GIS-technology. The program is aimed for creation of wide spectrum of epidemiological and epizootiological prognoses that permit to substantiate modern strategy of focal territories monitoring.

Key words: GIS-technologies, anthrax, informational and analytical program.

Authors:

Zholdoshev S.T. Institute of Medical Problems, South Branch of the Kyrgyz Republic NAS. Osh, Kyrgyz Republic. E-mail: saporbai@mail.ru

Поступила 11.12.08.