

Глава IV. Геоинформационные системы и методы пространственного анализа для исследования заболеваемости населения злокачественными новообразованиями. Струков Д. Р., Красильников И. А., Мерабишвили В. М.

Геоинформационные технологии на охране здоровья

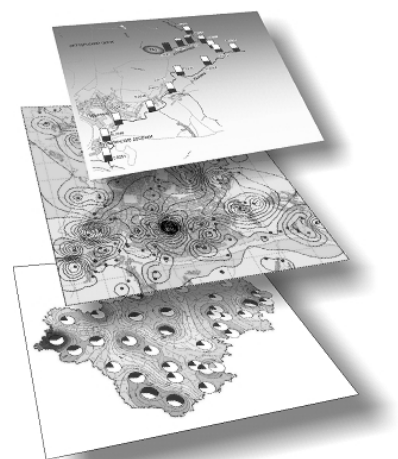
Здравоохранение играет важную стратегическую роль в любом государстве, так как направленно, прежде всего, на сохранение и увеличение потенциала его главного ресурса – населения. На уровне государства важно принимать эффективные управленческие решения. Государство «работает» с территориями. Важно оптимизировать процессы на территории. Так же происходит и с характеристиками здравоохранения – его ресурсами, характеристиками населения и пр. Руководители здравоохранения и иные лица, принимающие решения пользуются пространственной статистикой, реализованной при помощи геоинформационных систем (ГИС).

Пространственная статистика помогает руководителям здравоохранения решать следующие основные задачи:

- Оптимизация и управление ресурсами здравоохранения
- Задачи логистики
- Анализ тенденций пространственно-временного распространения заболеваемости. Прогноз.
- Выявление причинно-следственных связей между факторами среды и показателями здоровья

В настоящее время информационные технологии шагнули далеко вперед и уже способны решать те задачи анализа, которые еще недавно описывались только в теории или решались «в ручную» [6,7]. К сожалению, использование таких технологий для анализа, как ГИС, с одной стороны, нуждается в технических познаниях, знаниях математических моделей и их применимости. Однако, с другой стороны, уровень пользователей компьютеров возрастает, в т. ч. - среди медицинских специалистов и, одновременно упрощается программное обеспечение. Нам бы хотелось ознакомить читателя кратко с ГИС и методами пространственного анализа и показать примеры пространственных тенденций распространения тех или иных локализаций больных раком, а также – показать возможности решения задач выявления пространственно-временных зависимостей между факторами и определенными типами заболеваемости. Другие задачи, связанные с применением ГИС-технологий в управлении здравоохранения, освещены в литературе [8]

Географическая информационная система (ГИС) - это современная компьютерная технология для картирования (привязки к географическим объектам местности) и анализа объектов реального мира, а также событий, происходящих на той или иной территории нашей планеты. Эта технология объединяет традиционные операции работы с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта. Идея ГИС – хранение информации о реальном мире в виде тематических слоев, которые объединены на основе географического положения [5,9,13].



Это отличает ГИС от других информационных систем и предоставляет уникальные возможности для ее применения в широком спектре задач, связанных с анализом и прогнозом явлений, событий окружающего мира, с осмыслением и выделением главных факторов и причин, а также их возможных последствий, с планированием стратегических решений и текущих последствий предпринимаемых действий. Эту технологию применяют практически во всех сферах человеческой деятельности, где есть связь с территориями: будь то, анализ таких глобальных проблем, как перенаселение, загрязнение территории, распространение заболеваемости, сокращение лесных угодий, природные катастрофы, так и решение частных задач, таких как поиск наилучшего маршрута между пунктами, подбор оптимального расположения нового офиса, поиск дома по его адресу, прокладка трубопровода на местности, различные муниципальные задачи [5,13].

Заболеваемость в пространстве – это пример анализа характеристик отклонения от нормального функционирования населения. Сравнение этих отклонений по территориям дает медицинским статистикам и руководителям здравоохранения качественно новые возможности для анализа причин этих отклонений на территориях, так и вообще - работу ресурсов здравоохранения на этих территориях. Например, можно сравнивать заболеваемость различными формами по административным делениям РФ и Северо-Западного федерального округа, опускаясь до Санкт-Петербурга, его Административных делений и далее – зон обслуживания Лечебно-профилактических учреждений и, наконец, – отдельных кварталов. А при соответствующих возможностях сбора полной информации о численности населения – можно анализировать ситуацию с заболеваемостью и жителей отдельных домов крупного мегаполиса [3]. Распространенность некоторыми формами рака тела матки по административным делениям РФ обусловлено относительно низким социально-экономическим уровнем проживания молодого женского населения на территориях. Однако ситуация с раком молочной железы как раз противоположная: больше болеют на Европейской части России.

В последние годы с развитием современных компьютерных технологий, в том числе и ГИС, специалист, занимающийся аналитической работой, имеет возможность создать непосредственно на своем рабочем месте интерактивный медико-экологический атлас, содержащий одновременно как сведения о здоровье групп населения, так и влияющих на него факторов, и на основе имеющейся у него информации генерировать неограниченное число карт в соответствии с формируемыми запросами [2].

Благодаря свойству визуализации и интеграции разнородных данных методы пространственного анализа в изучении здоровья населения получают все большее распространение. Издаются медицинские, медико-экологические атласы. В качестве примера можно привести фундаментальный атлас «Окружающая среда и здоровье населения России» под ред. М. Фешбаха, серию атласов под ред. А.А. Келлера [6].

Направление, в основе которого лежат методы картографического и математического анализа медицинских данных, - *Медицинская география*. Ее развитие началось с эпидемиологических моделей распространения заболеваемости в 1970 – х годах [6,7]. Однако теперь возможности инструментальных средств, а именно – ГИС, представляют анализировать не только «классическую» эпидемиологию. В частности, можно строить цифровые пространственные модели распределений факторов (например – экологических) и откликов (например – заболеваемости населения). А математические и геостатистические методы анализа, реализованные в ГИС «помогают» найти взаимосвязи между факторами (их может быть до 5-ти) и откликами на уровне тенденций. Можно выявлять, «источник» того или иного фактора с точки зрения пространственного расположения. И, наконец, современные методы позволяют строить пространственные модели, учитывая статистическую точность, значения соседей и многое другое. Таким

образом, исследователь реально может оценить как существующую у него выборку, так и адекватность модели.

Методы пространственного анализа

В основе любого пространственно-временного анализа, реализованного с помощью ГИС, лежат методы. Эти методы разнообразны [5,13]. Коротко познакомимся с некоторыми из них:

Картирование местоположений объектов и явлений - анализ существующих географических закономерностей. Этот метод мы применяем повседневно, смотря на карту и идентифицируя дома, парки, улицы, метро, оцениваем путь и т. д. Объекты отображаются на карте при помощи специально разработанных условных знаков, которые близки каждому человеку. Благодаря этому каждый из нас «распознает» объекты в пространстве. Разработкой карт и условных знаков занимается направление Картографический дизайн.

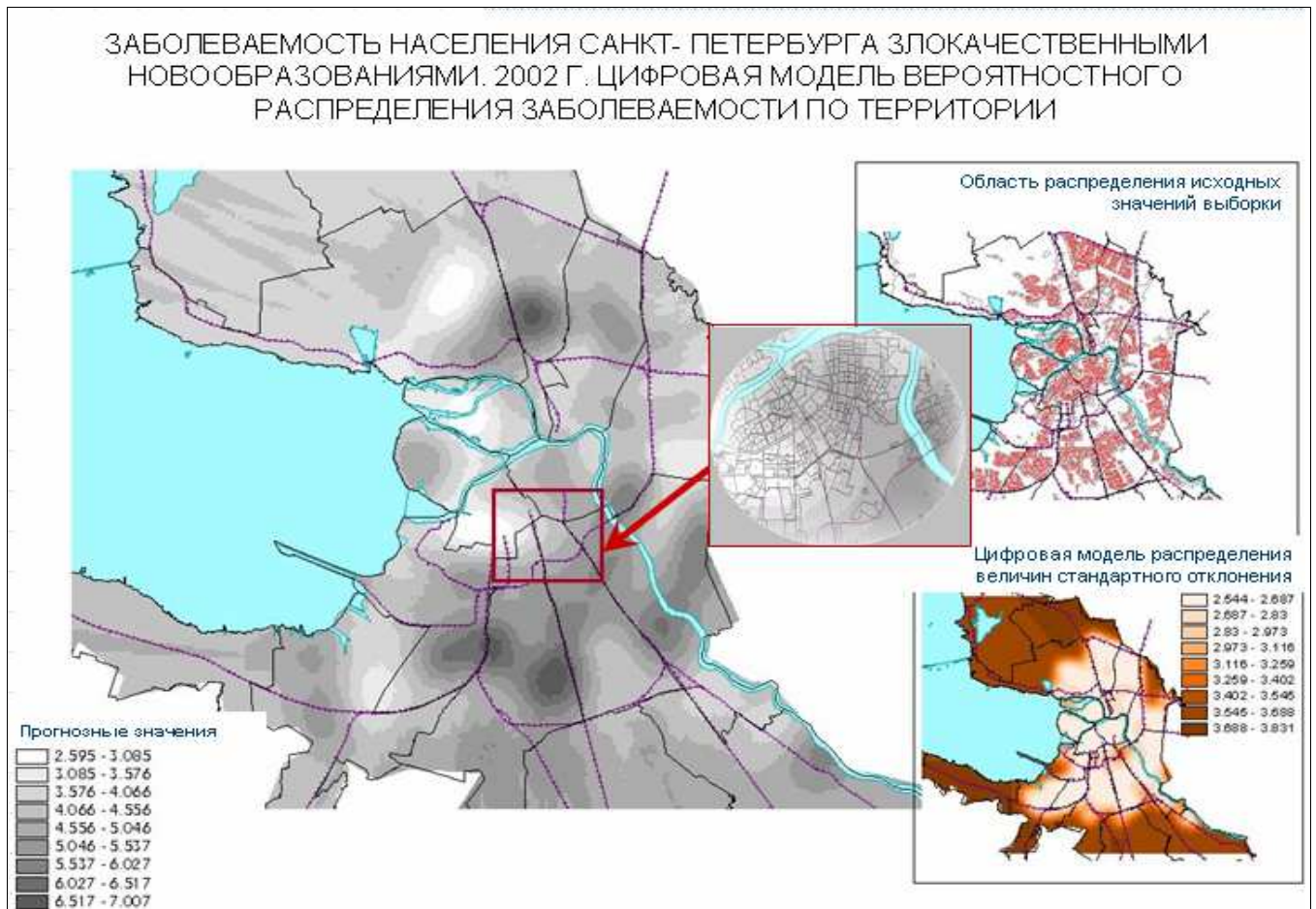
Картирование по величине от минимума к максимуму – метод для выявления пространственных закономерностей. Классифицирует весь интервал значений какого-либо параметра (например, численность населения). Значения распространены в пространстве, по определенным группам. Интервалы между делением на группы исследователь задает сам «вручную», либо, в зависимости от задач, классификация осуществляется при помощи различных статистических методов: равных интервалов, квантилей, «естественных границ» и др. Метод картирования по величине дает возможность сравнить территории по признаку (например по заболеваемости).

Картирование плотности – метод анализа местоположений концентраций определенных объектов. Метод реализован при помощи математической модели построения плотности. Пример – плотность населения территорий, скученность звонков, поступивших из определенных домов с адресами. Иногда при пространственных исследованиях важно знать места таких «скученностей». Этот метод используется в создании и моделей миграции населения.

Картирование изменений – это интересный метод, позволяющий нанести на пространство время. Есть разные его реализации и комбинации с другими методами: Карты «слежений», временные тенденции, картирование изменений «до и после», циклы. Первые позволяют на одном пространстве очерчивать траектории перемещения в пространстве. Временные тенденции и циклы – представляют серию картограмм, отображающих какое-либо явление за различный промежуток времени. Картирование изменений «до и после» – визуализирует во сколько раз (или на сколько раз) изменились характеристики на одной и той же территории по истечении, например, 5 лет. Цветовая гамма отобразит это изменение (в виде, например прироста или убыли) от минимума к максимуму.

Это основные, но далеко не все методы пространственного анализа. Имеются также: *трехмерный анализ* территории, когда появляется третья координата пространства; *интерполяционный анализ*, когда необходимо провести пространственный анализ при помощи детерминированных математических методов и спрогнозировать значения между точками пространства (например – моделирование нахождения пыли в атмосфере); *геостатистический анализ*[5], когда необходимо провести прогноз распространения тенденций в пространстве, как в интерполяционном анализе, но и при помощи недетерминированных методов статистики – найти взаимосвязи между точками, значения

которых отображают один тематический слой от значений другого тематического слоя (а может и нескольких).



В настоящее время СПб ГУЗ «Медицинский информационно-аналитический центр» (СПб МИАЦ) осуществляет реализацию первого этапа мониторинга здоровья населения с использованием ГИС (Arc View 9.x): зонирование показателей, характеризующих здоровье населения, выявление городских территорий с высокими и низкими показателями, построение вероятностных пространственных моделей распределения. Создана база данных, содержащая сведения о заболеваемости по зонам обслуживания амбулаторно-поликлинических учреждений, сформирован картографический слой с нанесением границ этих зон. Осуществлена адресная привязка данных о всех больных раком в Санкт-Петербурге, сбор которых осуществляет Популяционный раковый регистр Санкт-Петербурга [2].

Накопленный в настоящее время Популяционном раковом регистре Санкт-Петербурга уникальный материал по заболеваемости и смертности населения от злокачественных новообразований (более 160 000 наблюдений) позволяет проводить исследовательские разработки в самых различных аспектах, в том числе по изучению специфике географических различий как на районном уровне так и по объектам более детального рассмотрения [2].

На рис. 4.1, 4.2 * (цветная вкладка) представлена онкологическая заболеваемость территорий Северо-Западного федерального округа). Мы располагаем возможностью (рис. 4.3, 4.4) показать специфику распределения данных о заболеваемости населения злокачественными новообразованиями по городским районам Санкт-Петербурга (рис. 4.3, 4.4), по жилым кварталам (или избирательным округам) города и даже - по каждому отдельно стоящему дому (рис. 4.5, 4.6).

Для каждой картограммы существует свой порядок представления данных. В частности, при оценке распространенности рака в пределах административных территорий учитывая достаточное число наблюдений, материалы могут быть отобраны за 1 год наблюдений. Для районного уровня необходимо подготовить усредненные данные за 3 – 5 лет, особенно по отдельным локализациям опухолей. Точечные картограммы могут способствовать выявлению отдельных кластеров, экологически наиболее опасных зон проживания или возможного негативного воздействия окружающей среды [2].

() Картограммы на цветных вкладках подготовлены сотрудниками Отдела Геоинформационных технологий СПб МИАЦ (Зав. Струков Д. Р.)*

Пространственный анализ распределения абсолютных и вероятных для человека канцерогенов в атмосфере Санкт-Петербурга и распространения заболеваемости населения.

Математические методы пространственного анализа, реализованные в ГИС могут помочь медицинским специалистам строить интересные гипотезы. В СПб МИАЦ была проведена одна из таких работ [3,11] при участии специалистов Популяционного ракового регистра г. Санкт-Петербурга.

Целью работы явилась проверка гипотезы о пространственной зависимости некоторых типов онкологических заболеваний от абсолютных и вероятных для человека канцерогенов, содержащихся в атмосфере Санкт-Петербурга, что позволило бы предсказать пространственное распределение заболеваемости лейкозами в зависимости от канцерогенов, принадлежащих по классификации Международного Агентства Исследования Рака (МАИР) к абсолютным и вероятным для человека.

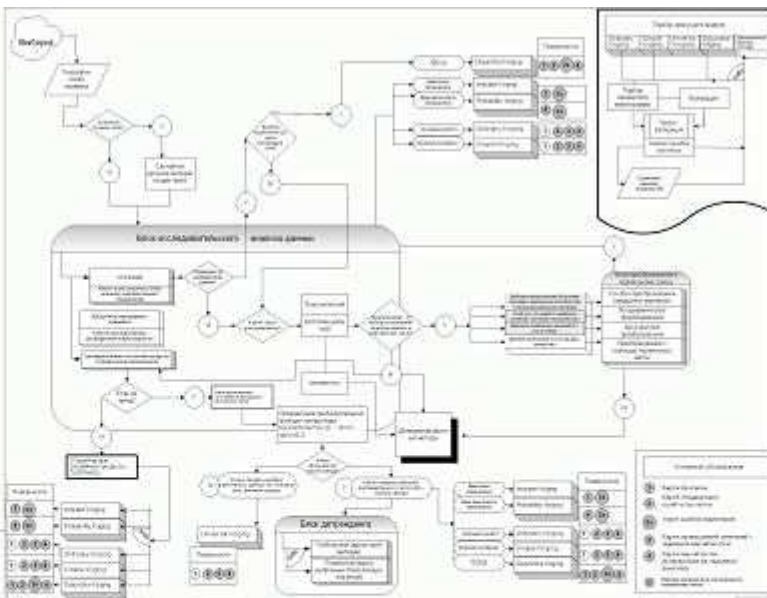
В задачи исследования входило: составление модели воздействия факторов окружающей среды на человека; обоснование выбора элементов модели: фактора загрязнения атмосферы Санкт-Петербурга канцерогенными веществами; пространственно распределенного объекта модели; выбор временного периода анализа.

Однако, перед этим необходимо было «проверить» методологию на более «простых» и формах заболевания с точки зрения латентного периода, а именно - врожденных аномалий и хромосомных нарушений (ВДХ) у детей до года. В качестве экологических факторов – брались группа мутагенов в атмосфере: кадмий, свинец, цинк и бензол.

Оценка временного ряда заболеваемости лейкозов и ряда загрязнения канцерогенами проведена по автокорреляционной функции, что позволило обосновать t -времени усреднения данных в каждом распределении.

Цель достигается путем построения упрощенной эпидемиологической модели, а задачи исследования решаются при помощи применения геостатистических и детерминированных математических методов пространственно-привязанных данных. После анализа практически всей совокупности типов геостатистических исследований и их специфики сформулирована общая методика построения цифровых моделей поверхностей распределения, а также – методика (алгоритм) выбора способа построения цифровых моделей. Коротко о том, на чем основывается геостатистическое исследование:

- выбирается способ решения задач пространственной зависимости внутри одной или между несколькими выборками;
- анализируются статистические параметры выборки и ее пространственная специфика (блок пространственного анализа данных);
- исходя из особенностей полученных данных выбирается метод интерполяции, а также – оценивается пространственная зависимость (на ковариационных функциях и вариограммах) внутри выборки (или между несколькими по кроссковариации);
- выбирается наиболее адекватный метод интерполяции при помощи гибкого инструментария подгонки моделей;
- строятся различные типы цифровых моделей (модель поверхности распределения, поверхность распределения стандартных значений и др.)



ошибок

Цифровые модели топологически привязываются к географическим объектам с целью их дальнейшей интерпретации (см, например, рис. 4.7 и 4.8).

Цифровые модели ВДХ у детей до года, а также ВДХ с учетом наличия в атмосфере мутагенных факторов, позволили сделать вывод о пространственной зависимости между ВДХ мутагенными факторами на территориях Адмиралтейского, Кировского и прилегающих к ним районах. А построенные цифровые модели поверхности распределения отдельных отклонений в перинатальный период развития плода лишь доказывают факт реагирования чувствительных групп населения на присутствие в окружающей среде поллютантов. Небольшие ошибки в местах повышенной заболеваемости говорят об адекватности самой модели и ее интерпретации. Топологическая привязка цифровых моделей к геообъектам (водоемам города, основным магистралям 4 ранга загруженности (более 35 тысяч автомобилей в сутки), жилым и нежилым зонам) при помощи средств ГИС может подсказать исследователям некоторые возможные причины заболеваемости на этих территориях (Рис. 4.7).

Результаты (Рис 4.7), полученные при построении цифровой модели явились, своего рода, тестовыми и, с одной стороны, подтвердили применение геостатистического исследования для анализа медико-экологических данных. С другой, - результаты скорректировали саму геостатистическую методику, адаптировав ее к решению основных задач и цели научной работы. Следствием этого проведен пространственно-временной анализ распределения в атмосфере канцерогенных веществ (бензола, формальдегида, кадмия, сажи и пыли) и заболеваемости лейкозами за различные промежутки времени. На рис. 4.8 А представлены основные результаты анализа в виде цифровых моделей поверхностей распределения канцерогенов в период 1993-1995 г. г. и поверхностей ошибок этой модели, цифровой модели поверхности распределения за 8 лет (1990-1998 г г), цифровых моделей поверхности распределения лейкозов за период с 1995 по 2000 г г, цифровых моделей поверхности распределения лейкозов за 5 рассматриваемых лет, зависящие от распространения канцерогенов за восьмилетний рассматриваемый

промежуток времени. Результаты оказались не такими явными, как результаты анализа заболеваемости чувствительных групп населения. Цифровые модели поверхностей распределения построены по имеющимся в Популяционном раковом регистре г. Санкт-Петербурга данным (порядка 500 заболеваний лейкозами в год). Вследствие редкой встречаемости данного типа заболевания цифровые модели получились с большими ошибками распределения прогноза (интерполяционных значений). Кроме того, выявились очаги заболеваемости там, где низкие значения канцерогенов (Калининский район). Однако слабая пространственная зависимость между лейкозами в 1995-2000 г г и канцерогенами в 1990 – 1998 г г имеет место на территориях Московского, Фрунзенского и Невского районов. (юго-восточный тренд канцерогенов по преимущественному северо-западному ветру). Именно на этих территориях можно делать выводы о вкладах канцерогенных факторов в причины заболеваемости лейкозами населения, проживающих здесь (см. рис. 4.8 А). Для построения наиболее адекватных цифровых моделей распределения лейкозов с минимальными значениями ошибок требуются больше данных (за больший промежуток времени) [3].

Дополнительным выводом работы было обоснование определенных территорий, где можно расположить дополнительные пункты мониторинга воздуха (в местах максимальных статистических ошибок, представленных на моделях черными цветами) с целью построения более правильной модели распределения загрязнений.

Кроме того, геостатистический метод анализа был апробирован на выявлении этиологии рака молочной железы по Санкт-Петербургу и экологических факторов (канцерогенов в атмосфере). Получились любопытные результаты (см. рис. 4.8 Б): анализ пространственных зависимостей не по одному из математических методов не дал результатов даже на уровне тенденций. Это говорит о том, что экологический фактор (а именно – нахождение канцерогенов в атмосфере крупного мегаполиса) не вносит в таком виде явный вклад в причину этой формы заболеваемости. Истинными причинами, скорее всего, могут быть социально-экономические факторы [11].

Анализ пространственной близости источников (промышленных, транспортных) к преимущественной дислокации жителей позволил выдвинуть гипотезы о путях проникновения канцерогенных и мутагенных факторов в окружающую человека среду через иные природные компоненты (почву, гидросистему города).

Принятие подтвержденной гипотезы позволяет предсказать на определенных территориях крупно мегаполиса заболеваемость лейкозами через 5 лет, а частоты врожденной патологии – через 1 год [11].

Выводы.

Геоинформационные системы (ГИС) - новый взгляд на разнородные данные в пространстве. Этот инструмент с реализованными в нем методами пространственного анализа (от простейших картирований до продвинутых геостатистических), помогает исследователю территорий выявить неявные закономерности, выяснить причинно-следственные связи, найти приоритетные факторы, смоделировать и спрогнозировать ситуацию, правильно сформировать исследовательские задачи и принять эффективные управленческие решения [2,5,13].

В условиях крупного города, области или региона для анализа пространственного распределения показателей здоровья населения, медико-демографических показателей, ресурсов здравоохранения целесообразно применение ГИС-технологии. ГИС предоставляет возможность визуальной и статистической оценки различий характеристик здравоохранения между территориями (например, демографических показателей,

заболеваемости и др.), опускаясь при детализации объектов сравнения вплоть до уровня кварталов и отдельных зданий. Другими словами, в существующем виде система может использоваться для выявления проблемных задач и ситуационных оценок, в том числе – неэффективной работы учреждений здравоохранения и других медицинских служб. А в случае сочтанного использования баз данных, характеризующих здоровье населения и влияющих на него факторов с территориальной "привязкой" соответствующих характеристик в ГИС, появляется возможность глубоко анализа причинно-следственных связей [2,3].

В СПб МИАЦ удалось разработать ряд методов пространственного анализа для медицинских, экологических и медико-экологических исследований – это геостатистические алгоритмы нахождения пространственных связей между факторами и откликами, методы определения распределения выборки в пространстве, это нахождение «устойчивых» во времени зон – территорий, на которых характеристики постоянны во времени. Все эти методы, использующие инструментарий ГИС, могут применяться в области охраны здоровья и окружающей среды для прикладных целей мониторинга и управления территориями []. В ходе проведения экологических и медико-экологических исследований при помощи методов пространственного анализа были получены интересные результаты о нахождении источников загрязнения в пространстве, доказаны неоптимальные размещения пунктов мониторинга воздуха с т. з. получения достоверных результатов моделей на определенных территориях, анализ тенденций и выдвижение гипотез о пространственных связях между определенными типами заболеваемости и группами веществ на уровнях тенденций и пр. [10-12]

Медико-экологические и экологические исследования, проведенные нами, в области здравоохранения и охраны окружающей среды, показали, что остается актуальным объединение комплекса методов обработки разнородных данных в единую систему. В качестве самостоятельной технической реализации научных исследований в перспективе, на наш взгляд, должна быть сформирована Система медико-экологического мониторинга окружающей среды, которая может быть как функциональным блоком комплекса Социально-гигиенического мониторинга, организованного на региональных уровнях, так и самостоятельной медико-экологической системой, призванной, на основе получения информации от государственных служб, представлять доводы и основания к принятию управленческих решений в области здравоохранения и охраны окружающей среды. Для решения задач информатизации здравоохранения в СПб МИАЦ на основе современных технологий создана городская информационная система, обеспечивающая сбор, накопление и анализ агрегированных данных (в форме статистических отчетов), а также объединение сведений персонифицированного медицинского учета из информационных систем учреждений здравоохранения. Пример такой системы реализован в Популяционный раковом регистре. [1,4].

Полученные в Популяционном раковом регистре г. Санкт-Петербурга и Отделом Геоинформационных технологий СПб МИАЦ качественные и количественные результаты призваны задать направляющий вектор последующим научным работам в области медицины и охраны окружающей среды для более детальных, точных исследований с целью восстановления, сохранения и укрепления здоровья населения.

В последующем планируется подготовить атлас злокачественных опухолей по Санкт-Петербургу по основным группам новообразований [2].

Литература

1. Бузников А.А., Разгуляев К. А., Струков Д. Р., Горохов В.Л. «Обработка экологической информации в системе медико-экологического мониторинга окружающей среды»//Материалы 2-ой Всероссийской конференции «Дистанционное зондирование земных покровов и атмосферы аэрокосмическими средствами» 16-18 июня 2004 г.- СПб, 2004.
2. Красильников И. А., Мерабишвили В. М., «Геоинформационные технологии в онкологии. //Новые информационные технологии в онкологической статистике. Материалы Всероссийского симпозиума с международным участием. Под ред. В. М. Мерабишвили. – СПб. – 2001. – с.123, 252-255
3. Красильников И. А., Разгуляев К. А., Струков Д. Р., Петров Е. И., Редько Географические информационные системы в управлении здравоохранением Санкт-Петербурга»// «ArcReview.Современные геоинформационные технологии Спец выпуск к 300-летию Санкт-Петербурга о лучших ГИС –проектах Северо-Западного региона. М.- ООО «Дата+», 2003 – 24 с
4. Красильников И.А., Струков Д.Р., Разгуляев К.А. Внедрение системы медико-экологического мониторинга окружающей среды на базе геоинформационных технологий // Материалы Международной конференции «Воздух 2004».9-11 июня 2004 года/Под ред. Н. З. Битколова и Ю. И. Мусийчука. – СПб, 2004. – 308 с.
5. Майкл Н. ДеМерс Географические Информационные системы. - М.: Дата+, 1999, - 490 с.
6. Медико-географические аспекты оценки уровня здоровья населения и состояния окружающей среды./ред. Коллегия Барышников И. И., Вишневский Е. П., Келлер А. А., - СПб, 1992
7. Медико-географическое моделирование/ред Коллегия Кибальчич О.А. и др., - М:МФГО, 1983
8. Павлов Ю. В., Красильников И. А., Здравоохранение Санкт-Петербурга в годы реформ, - СПб: «Человек», 1999, 189 с.
9. Петров Е.И., Струков Д.Р., Красильников И.А. Геоинформационные технологии в здравоохранении// Материалы Юбилейной 8-ой Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика 2002», СПб – 26-28 ноября 2002 г
10. Попов Г. А., Кононенко Д. В., Струков Д.Р. Пространственно-временной анализ распределения вредных веществ в атмосфере Санкт-Петербурга// Материалы Международной конференции «Воздух 2004».9-11 июня 2004 года/Под ред. Н. З. Битколова и Ю. И. Мусийчука. – СПб, 2004. – 308 с.
11. Струков Д.Р., Разгуляев К.А. Пространственный анализ распределения абсолютный и вероятных для человека канцерогенов в атмосфере Санкт-Петербурга и его связи с распространением заболеваемости населения//Материалы Международной конференции «Воздух 2004».9-11 июня 2004 года/Под ред. Н. З. Битколова и Ю. И. Мусийчука. – СПб, 2004. – 308 с.
12. Струков Д. Р. Пространственно-временной анализ распределения вредных веществ в атмосфере Санкт-Петербурга. Сезонная пространственная изменчивость их

распространения. // Материалы Международной конференции «Воздух 2004».9-11 июня 2004 года/Под ред. Н. З. Битколова и Ю. И. Мусийчука. – СПб, 2004. – 308 с.

13. Э. Митчелл. «Руководство ESRI по ГИС-Аналізу. Том1:Географические закономерности и взаимодействия».Пер с англ. ООО «Дата+».- М.:- 2001 г – 190 с.