

С. А. Лаптёнок¹, В. А. Левданская¹, Е. В. Карпинская¹, И. В. Лазар², М. А. Дубина²

¹Белорусский национальный технический университет;

²Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова,
г. Минск, Республика Беларусь

АНАЛИЗ ДИСКРЕТНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭПИДЕМИОЛОГИИ

Представлен метод построения и анализа дискретных пространственных моделей демографических и эпидемических процессов для оценки их территориальной однородности. В ходе анализа динамического ряда дискретных пространственных моделей не выявлено явных аномалий в развитии пространственно распределенного процесса, обусловленных действием геоэкологических факторов на территории Воложинского и Столбцовского р-нов, и установлена тенденция к росту количества случаев заболевания злокачественными новообразованиями и повышению плотности их распространения.

➤ **Ключевые слова:** пространственные модели, интерполяция, территориальная однородность, динамическая пространственная модель.

Заболеемость злокачественными новообразованиями является одной из наиболее острых проблем, возникающих в результате загрязнения территории радионуклидами. Исследования в данной области уже длительное время остаются актуальными во всем мире.

В частности, в ходе наблюдения за состоянием здоровья лиц, подвергшихся воздействию поражающих факторов ядерной бомбардировки в Японии, было установлено, что в данной группе имел место достоверный рост заболеваемости злокачественными новообразованиями различной локализации: лейкозов – через 5 лет после бомбардировки, новообразований щитовидной железы – через 10, молочной железы и легких – через 20, желудка, ободочной кишки и миелом – через 30 лет.

Уровень заболеваемости злокачественными новообразованиями является одним из наиболее эффективных индикаторов экологической и геоэкологической ситуации. По результатам ряда наблюдений за состоянием здоровья населения, подвергшегося воздействию ионизирующих излучений в результате ядерных аварий и применения ядерного оружия, одним из наиболее очевидных отдаленных эффектов облучения является рост заболеваемости злокачественными новообразованиями различной локализации [1]. Эффекты облучения ионизирующими излучениями, вызывающими рост заболеваемости злокачественными новообразованиями, потенцируются, в частности, фактором химического загрязнения территорий. В литературных источниках также имеется информация о влиянии на данный процесс комплекса геофизических факторов, действующих в зонах расположения линеаментов – разломов земной коры [2].

Материалы исследований последних десятилетий свидетельствуют о том, что в земной коре континентального типа повсеместно наблюдается густая, построенная по решетчатому типу сеть субвертикальных разломов, дробящих земную кору на многочисленные блоки, размеры которых измеряются километрами или десятками километров. Наличие этой системы трещинно-проницаемых разломов устанавливается и подтверждается различными методами. Наиболее эффективный из них – структурное дешифрирование материалов аэрокосмической съемки в сопоставлении с геолого-геофизическими данными.

Не является исключением в этом плане и территория Беларуси, где по материалам космических съемок установлены разнопорядковые линейные структуры (линеаменты), отражающие особенности разломной тектоники. Характерная черта суперрегиональных линеаментов – их связь с глубинными (мантийными) разломами, активно проявившимися в различное геологическое

время. Наиболее отчетливо на космических снимках выражены линеаменты, сопоставляемые с разломами, образованными в условиях растяжения земной коры шириной от 10 до 50 км [2]. Повышенной трещиноватостью и проницаемостью коры, мобильностью проявления геодинамических процессов отличаются участки пересечения линеаментов.

Установлено, что зоны разломов земной коры оказывают большое влияние на жизнедеятельность человека. Количество аварий на автодорогах выше в тех местах, где трассу пересекают системы разломов (геопатогенные зоны), а процент онкологических заболеваний оказался большим у людей, проживающих в населенных пунктах, расположенных вблизи суперрегиональных разрывных нарушений. Ураганы и смерчи прошлых лет были направлены преимущественно вдоль новейших геодинамических зон земной коры и аномалий магнитного и гравитационного полей Земли [3].

В результате аварии на Чернобыльской АЭС радиационному воздействию подверглась значительная часть населения Беларуси. В связи с этим с момента катастрофы в республике проводился эпидемиологический мониторинг онкологической заболеваемости по данным Белорусского канцер-регистра и Государственного регистра лиц, пострадавших вследствие катастрофы на ЧАЭС. Оценка результатов такого масштабного исследования невозможна без применения адекватных и эффективных методов анализа. Использование таких методов наряду с традиционными, стандартными методиками позволит получить дополнительную информацию для установления тенденций развития процессов и формирования обоснованных прогнозов.

В целях оценки влияния природных и связанных с ними антропогенных факторов, действующих в зонах разломов земной коры, на различные аспекты жизнедеятельности человека в качестве объекта исследования был выбран фрагмент поверхности Земли, ограниченный территорией Воложинского и Столбцовского р-нов Минской обл. Республики Беларусь [4].

Для оценки значимости влияния природных и связанных с ними антропогенных факторов, действующих в зонах разломов земной коры, на различные аспекты жизнедеятельности человека осуществлялся анализ заболеваемости населения Воложинского и Столбцовского р-нов злокачественными новообразованиями за период с 1953 по 2003 гг. [4, 5].

Как известно, для подобных целей традиционно используются стандартизованные показатели заболеваемости. Считается, что данный метод обеспечивает наиболее корректный анализ. Тем не менее, в ряде случаев (например, в случае невозможности стандартизации в связи с дефицитом информации и т. п.) интенсивные показатели заболеваемости могут являться адекватной и достаточно эффективной моделью стандартизованных [6].

Расчет интенсивных показателей представлял некоторые затруднения, т. к. в официальной статистической документации фиксируется только численность населения, полученная по результатам переписи. Поскольку перепись населения проводится с периодом в 10 лет, для исследования были доступны только значения численности населения изучаемых районов в 1959, 1970, 1979, 1989 и 1999 гг.

Полученный результат, вполне корректный с точки зрения эпидемиологического анализа, тем не менее, не может эффективно использоваться в качестве материала для более глубокого исследования комбинированного влияния на процесс различных факторов, т. к. получен на основе анализа $\approx 10\%$ всей имеющейся информации (1 год из 10). Исходя из этого, в целях оценки возможности интерполяции значений интенсивного показателя на все годы исследуемого периода данный период был разделен на 5 примерно равных по длительности частей с границами, равноудаленными по времени от годов проведения переписи населения. Расчет интенсивного показателя производился по количеству случаев заболевания за каждый подпериод и численности населения в «реперный» год, принятой за среднюю в течение подпериода [5].

Наряду с математическими методами анализа относительных показателей [5] с целью выявления первичных признаков влияния факторов, вызывающих территориальную неоднородность динамики исследуемого процесса, использовался метод дискретного пространственного моделирования.

Данный метод был реализован построением пространственных моделей территориального распределения случаев заболевания злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского р-нов Минской обл. В частности, была поставлена задача выявления территориальных неоднородностей распределения случаев заболевания злокачественными новообразованиями для последующего сопоставления с моделями пространственного распределения геоэкологических факторов, гипотетически влияющих на процесс. Другой важной задачей

исследования являлась оценка адекватности применения интерполяции данных в пространственном аспекте.

В качестве контрольных были построены следующие дискретные пространственные модели: точечная модель территориального распределения населенных пунктов Воложинского и Столбцовского р-нов (рис. 1, а) и модель, отражающая среднюю за период наблюдения численность населения в населенных пунктах (рис. 1, б).

Затем были построены модели пространственного распределения случаев заболевания злокачественными новообразованиями по населенным пунктам с учетом количества заболевших в каждом из них за каждый «переписной» год (как показано на рис. 2, а) и за соответствующий подпериод (см. табл.) (рис. 2, б).

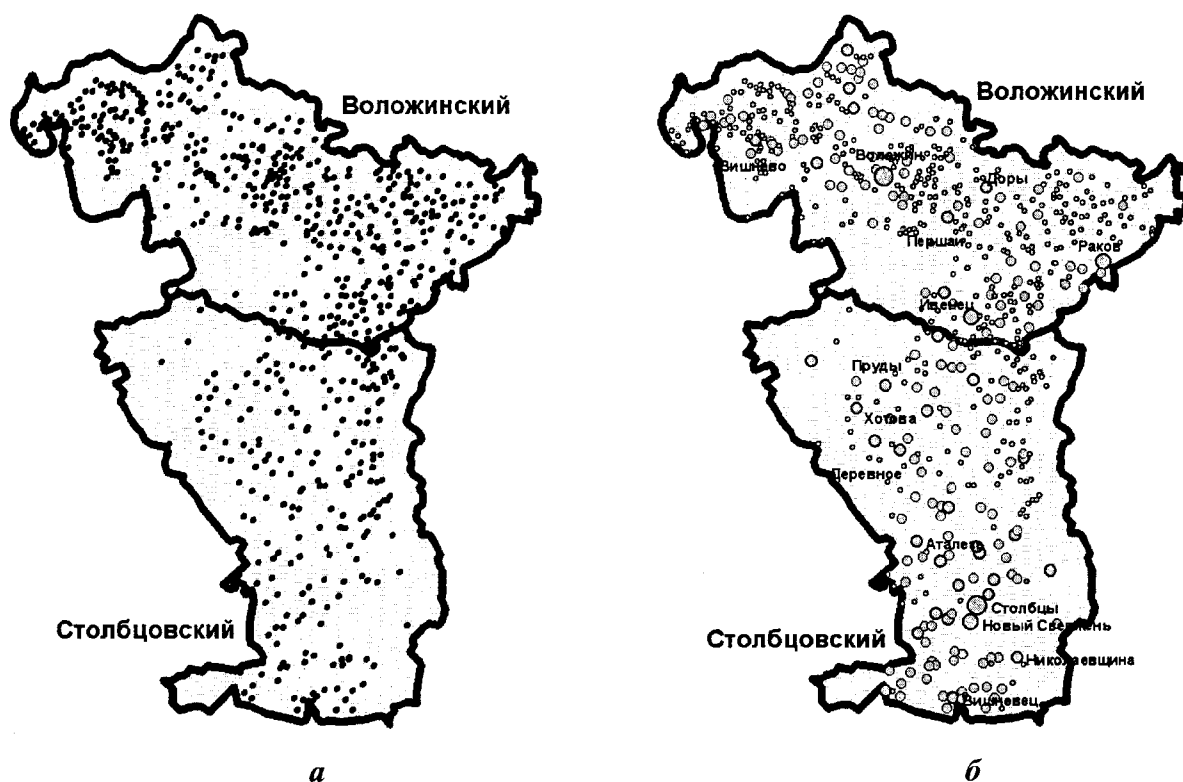


Рис. 1. Территориальное распределение населенных пунктов на территории Воложинского и Столбцовского р-нов Минской обл.: а – результаты первичного геокодирования; б – с учетом средней численности населения за период с 1959 по 1999 гг. (по результатам переписи населения)

Периоды усреднения количества случаев заболевания

Годы	Периоды
1959	01.01.1953 – 31.12.1964
1970	01.01.1965 – 31.12.1974
1979	01.01.1975 – 30.06.1984
1989	01.07.1984 – 30.06.1994
1999	01.07.1994 – 31.12.2003

Визуальное сравнение моделей (аналогично рис. 2) с контрольными (рис. 1) позволяет утверждать, что распределение случаев заболевания по населенным пунктам является территориально однородным: случаи заболевания распределены практически равномерно по всем населенным пунктам в соответствии с численностью населения в них без каких-либо видимых аномалий. Такой вывод на данном этапе подтверждает и следующая закономерность: при общей мозаичности и лабильности распределения случаев по населенным пунктам заболевания чаще случались в населенных пунктах со значительным количеством проживающего населения (Столбцы, Воложин, Ивенец, Раков, Першаи, Новый Свержень, Доры и др.).

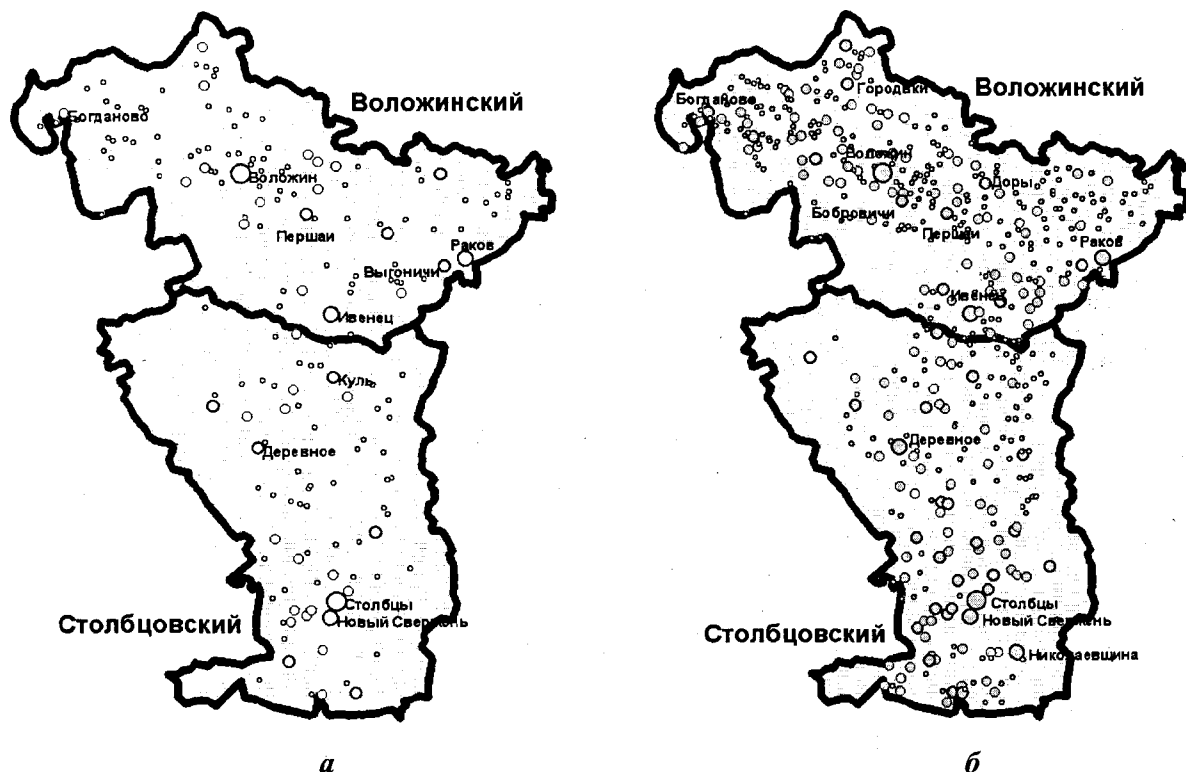


Рис. 2. Территориальное распределение случаев заболевания злокачественными новообразованиями: а – за 1999 г.; б – за период с 01.07.1994 по 31.12.2003 г.

Структура распределения случаев в течение одного года с достаточно высокой степенью подобия отображается структурой их распределения в течение периода усреднения, за исключением 1959 г. Преимуществом моделирования по периодам усреднения является то, что такой подход позволяет учесть не только дополнительное количество случаев заболевания для повышения адекватности расчета относительных показателей, но и пространственную компоненту процесса, которая крайне важна для оценки влияния на него факторов, связанных с особенностями территориального распространения. Так, если модели распределения случаев заболевания в 1989 и 1999 гг. практически не различаются между собой, то соответствующие им усредненные модели демонстрируют определенную тенденцию к «размыванию» случаев на большее количество населенных пунктов. Количественная оценка данной тенденции дает следующие результаты: случаи заболевания зарегистрированы за период с 01.07.1984 г. по 30.06.1994 в 474 населенных пунктах, за период с 01.07.1994 по 31.12.2003 г. – в 480 населенных пунктах. Прирост количества населенных пунктов составляет приблизительно 1,3 %. Следовательно, несмотря на незначительность эффекта, результат качественного анализа пространственной модели подтверждается результатом применения численных методов.

Представленный ансамбль пространственных моделей может служить своего рода динамической пространственной моделью процесса – при анализе четко прослеживается тенденция к росту количества случаев: очевидно, что чем большая площадь накрыта условными символами населенных пунктов, тем количество случаев больше. Но в данном случае эффективность такой методики ограничена вследствие дискретности процесса. Эффективность подобного подхода может быть значительно выше при моделировании процессов, которые можно с определенным приближением считать непрерывными – например, при моделировании пространственного распределения количества случаев заболевания за каждый год в течение периода с 1953 по 2003 гг. и т. п.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить следующее.

1. В результате предварительного пространственного анализа не выявлено территориальной неоднородности распределения случаев заболевания злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского р-нов. Случаи заболевания относительно равномерно распределяются по населенным пунктам соответственно численности проживающего в них населения. Данный факт свидетельствует об отсутствии явных аномалий в развитии пространственно распределенного процесса, обусловленных действием территориальных факторов.

2. Динамический ряд дискретных пространственных моделей демонстрирует тенденцию к росту количества случаев заболевания и повышению плотности их распространения.

3. Для дальнейшего анализа целесообразно использование относительных показателей заболеваемости и методов непрерывного пространственного моделирования.

4. Метод построения дискретных пространственных моделей позволяет эффективно осуществлять предварительную оценку территориальной однородности исследуемого процесса в целях выявления первичных признаков влияния факторов, вызывающих территориальную неоднородность его динамики.

Список литературы

1. Антипова, С. И. Заболеваемость злокачественными заболеваниями в регионах Беларуси через 22 года после катастрофы на Чернобыльской АЭС / С. И. Антипова, Н. Г. Шебеко // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. – 2009. – № 1–2. – С. 3–11.

2. Тяшкевич, И. А. 40 лет развития метода дистанционного зондирования природных ресурсов в Республике Беларусь / И. А. Тяшкевич // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. – Минск, 2006. – С. 6–10.

3. Спутниковые технологии в геодинамике / В. Н. Губин [и др.]; под ред. В. Н. Губина. – Минск: Минсктиппроект, 2010. – 90 с.

4. Лаптенюк, С. А. Применение пространственных операций при первичной обработке геоэкологических данных / С. А. Лаптенюк // Медико-биологические аспекты аварии на ЧАЭС. – 2010. – № 1–2. – С. 29–34.

5. Лаптенюк, С. А. Интерполирование данных при анализе процессов, характеризующихся дефицитом информации / С. А. Лаптенюк, И. В. Лазар // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2011. – № 2. – С. 48–52.

6. Лаптенюк, С. А. Применение технологии географических информационных систем для изучения динамики заболеваемости населения / С. А. Лаптенюк, К. В. Мощик, С. А. Ванягель // Здравоохранение. – 2002. – № 10. – С. 52–55.

S. A. Lapyonok, V. A. Levdanskaya, E. V. Karpinskaya, I. V. Lazar, M. A. Dubina

DISCRETE SPATIAL MODELS ANALYSIS FOR ESTIMATION OF GEOPHYSICAL FACTORS EFFECTS IN ECOLOGICAL EPIDEMIOLOGY

The method of discrete spatial models building and analysis for study of demographic and epidemic processes was presented. New information about spatial characteristics of malignant neoplasm's prevalence in population of Volozhin and Stolbcy districts was obtained.