

ПРОБЛЕМЫ ПРИКЛАДНОЙ ЭКОЛОГИИ

УДК 577.4+51.001.57

ГЕОКОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ МЕДИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМ

© 2007 И.П. Шиманчик

Самарский государственный педагогический университет, г. Самара

В статье рассматриваются основные предпосылки развития медико-географической ситуации на территории Кинель-Черкасского района Самарской области. Изучаются природные, социально-экономические условия, анализируется геоэкологический потенциал. Предлагается новый подход к моделированию медико-географических систем и интерпретируются его результаты.

Актуальность исследования определяется тем, что для планирования и управления социально-эколого-экономическим развитием административного района, подсчета эколого-экономического ущерба от заболеваемости населения необходимо оценить вероятность возникновения того или иного диагноза в отдельно взятом населенном пункте с учетом природных компонентов. Существующие в настоящее время методики громоздки и не позволяют углубиться в региональные различия, а их адаптация связана с большими затратами.

Целью настоящего исследования является моделирование и выявление общих закономерностей изменения медико-географической обстановки для разных ландшафтных структур на территории административного района.

Для достижения поставленной цели автором решаются следующие задачи:

1. Обобщение и систематизация существующих материалов по проблеме моделирования медико-эколого-географической ситуации,
2. Выявление внутрирайонных ландшафтных различий,
3. Построение и апробация математических моделей зависимости заболеваемости населения от природных и антропогенных факторов.

Объектом исследований является медико-географическая система, включающая в себя население и окружающую среду как совокупность влияющих на здоровье условий биотического, абиотического и социального происхождения, выбираемая для изучения медико-географических проблем.

Предметом исследования выступают взаимоотношения между здоровьем населения и окружающей средой, оцениваемые с помощью математического моделирования.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые для территории административного района Самарской области, расположенной на границе лесостепной и степной зон, составлена эколого-географическая дифференциация для «привязки» медико-географической информации; впервые построена модель прогнозирования медико-географической ситуации, учитывающая внутренние различия и особенности развития Кинель-Черкасского района; высказано предположение о влиянии на медико-географическую ситуацию факторов, которое можно представить в виде ординарных потоков определенной интенсивности и о случайном характере протекания медико-географических процессов.

Кинель-Черкасский район расположен на юго-востоке Восточно-Европейской равнины, в пределах Русской платформы с мощным чехлом осадочных пород. Рельеф представляет собой возвышенную равнину, расчлененную долинами рек. Климат континентальный умеренных широт, с жарким летом и холодной зимой. Район относится к бассейну р. Волги, и находится в двух природных зонах - степи и лесостепи. Почвы плодородные, черноземные. Территория сильно преобразована.

В качестве объекта исследования была выбрана географическая система Кинель-Черкасского административного района Самарской области. Она представляет интерес в связи с тем, что на территории этой системы расположено круп-

ное село, оказывающее большое влияние на окружающую среду, а окрестные населенные пункты находятся в совершенно других условиях. Это обуславливает специфику медико-географических процессов. Кроме того, особенно важно изучить специфику района, поскольку он отличается высокой степенью антропогенной преобразованности ландшафтов (до 80%), следовательно, полученные модели и результаты могут быть применены и в других подобных геосистемах. На территории административного района возможно собрать достаточно большой объем статистической информации, поэтому точность медико-географических исследований возрастает.

Основой для изучения медико-географической ситуации являются ландшафтные единицы. Первые попытки четко определить их границы предпринимались еще в XIX в. С.С. Неуструевым, П.С. Безсоновым, Л.С. Прасоловым (1909, 1910 гг.) [2], а в середине XX в. Среднее Поволжье изучали Ф.Н. Мильков (1953) [3], в 60-х годах - А.В. Ступишин (1964), затем М.И. Зайдельсон (1990 г.) и А.С. Захаров (1990 г.), Г.С. Розенберг (1994-2004 гг.) и ряд других исследователей.

Исследования резко изменили свою направленность при открытии ряда крупных нефтегазовых месторождений, особенно подробно изучалось геологическое и тектоническое строение, с целью открытия новых запасов углеводородного сырья. Для освоения месторождений был создан г. Отрадный, и основное внимание было уделено управляемому социально-экономическому развитию. Однако экологические аспекты хозяйственной деятельности, и тем более, медико-географические, до недавнего времени были отодвинуты на задний план.

Автор работы, основываясь на объективных материалах и взяв за основу ландшафтные концепции Ф.Н. Милькова (1966 г.), Ф.Н. Рянского (1993) [4], А.А. Чибилева (2005), провела собственное районирование и выявила в районе четыре местности, которые по своим размерам соответствуют медико-географическим комплексам, где влияние среды на здоровье специфическое и относительно однородное [4]. Под медико-географической ситуацией понимается сложившееся на определенный момент времени и территории и изменяющееся в ней распределение численности населения по конкретным диагнозам и медико-патологическим состояниям.

Территориальный аспект этого понятия означает исследование медико-географической ситуации в каждом населенном пункте.

С 70-х годов большую роль в решении медико-географических проблем начали играть математические методы. Качественно новым этапом в развитии медицинской географии стало прогнозирование.

Обзор литературных источников показывает, что математическое моделирование - один из наиболее адекватных методов эколого-географического прогнозирования, метод универсальный, и может быть применен к исследованию эколого-географических систем различного ранга, и его применение на территории административного района позволит достичь качественно новых, применимых на практике результатов.

В данной статье автором анализируются результаты применения различных математических моделей к описанию медико-географической ситуации.

В качестве попытки предварительного моделирования медико-географической ситуации автором работы были построены две серии карт, отражающие распределение территории района по содержанию микроэлементов: серы, фосфора, калия, азота, меди, молибдена, цинка, марганца, кобальта.

В результате моделирования выявились некоторые закономерности: совпадения между повышенным уровнем заболеваемости и расположением населенных пунктов в поймах рек, некоторая количественная однородность рядов по заболеваемости с диагнозами группы болезней органов пищеварения.

Таким образом, первоначальное картографическое моделирование выявило ряд существенных моментов в географической картине заболеваемости, которые подтверждены и иными методами исследования.

Однако в силу объективных причин: прежде всего статичности, трудности проверки полученных закономерностей, отсутствия возможности построения прогностических многофакторных моделей, оказалось необходимым не ограничиться только этим методом исследования, а использовать дополнительно теорию макросистем.

В этих условиях необходимо воспользоваться математическими методами, причем не имитационными моделями, которые в условиях нехватки данных могут дать непредсказуемые и неверные результаты [1].

Многие процессы в географических системах могут быть смоделированы с использованием стохастических методов и процессов. К одним из важнейших разделов теории вероятностей, которые изучают закономерности изменения по-

ведения сложных географических систем, относится теория макросистем. Под макросистемами понимаются сложные образования, состоящие из конечного или бесконечного числа элементарных частиц или объектов, поведение каждого из которых может рассматриваться как случайное, однако множество этих микрообъектов (т.е. вся макросистема или макроподсистема) ведет себя вполне предсказуемо. Развитие подобных макросистем подразумевает, что для конкретных системных условий развития, существующих на момент проведения исследования и обозримую перспективу, имеется особое устойчивое состояние - стационарное макросостояние (такое состояние, при котором не происходит никаких дальнейших перемещений элементов системы по классам). Геосистема Кинель-Черкасского района Самарской области, построенная на условиях сохранения сегодняшнего экономического курса страны неизменным, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к стационарным макросистемным моделям. Именно поэтому необходимо разработать модель на базе исследуемого района, и определить возможности достижения подобной системой стационарного состояния.

Основные теоретические положения по выводу макросистемного анализа геосистем рассмотрены в специализированной литературе. Отметим лишь, что автором в рамках данной теории были проведены расчеты по двум видам распределений вероятности заболевания: по распределению Бернулли и по распределению Пуассона [5].

Как распределение Пуассона, так и Бернулли, показывают идентичную или отличающуюся в пределах погрешности до 0,85% картину по наиболее вероятной ситуации. По сравнению с картографическим моделированием, использование распределений Пуассона и Бернулли позволяет количественно оценить вероятность заболевания выбранным диагнозом и существенно уточняет результаты моделирования. Основываясь на данных расчетах, можно описывать дальнейшие сценарии. Для проверки этой модели автором была посчитана энтропия каждой ситуации (в экспоненциальных единицах). Выявлено, что максимальная энтропия наблюдается в наиболее вероятной ситуации. Таким образом, макросистемные модели функционируют, и могут быть применены при моделировании, что подтверждается расчетными данными.

Однако и макросистемным моделям присущи некоторые недостатки: необходимость вручную уточнять вероятность состояний каждый

следующий год; больцман-модели не полностью описывают возможное множество состояний организма в течение жизни; не позволяют остановиться только на них как основных для прогнозирования. Именно эти недостатки привели автора к применению марковских случайных процессов в качестве основного метода прогнозирования.

Исследование состояния случайного элемента системы в случайные моменты времени - важное допущение, которое позволяет применить марковские процессы к медико-географическим исследованиям. В данном исследовании допущается, что поток заболеваемости каждого индивидуального организма обладает свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последствия [6].

Одним из основных положений настоящего исследования является представление изменение заболеваемости на территории района как случайного марковского процесса. Марковские процессы являются частным видом случайных процессов. Особое место марковских процессов среди других классов случайных процессов обусловлено тем, что для марковских процессов хорошо разработан математический аппарат, и с помощью марковских процессов можно более точно описать поведение сложной системы, которой является Кинель-Черкасский район. Заметим, однако, что прогнозирование медико-географической ситуации в длительном периоде при помощи марковских процессов нежелательно, так как за изменением географического пространства, по мнению автора, лежат все же в большей степени регулярные факторы, в то время как марковские процессы подходят к изменению ситуации как к случайному явлению.

Перед тем как моделировать территориальную картину по типам местности и диагнозам на 2005-2006 гг. автором было проведено моделирование заболеваемости по изучаемым диагнозам без рассмотрения структуры диагнозов, взяв за точку отсчета 2000 г. Результаты с указанием реальной фактической заболеваемости (P3) и расчетной номинальной заболеваемости (H3), а также с расчетом ошибок (DELTA) приведены в таблице.

Как показала данная таблица, прогнозная ошибка в среднем не превышает 3%, что позволяет автору применить марковские процессы при анализе различий развития медико-географической ситуации в населенных пунктах с 2004 г.

При моделировании марковских процессов на территории населенных пунктов учитывалась

Таблица 1. Обобщенная картина действительной и расчётной марковской заболеваемости

Год	ЗДОРОВ	ХРОН	ОСТР	УМЕР	НЗ	РЗ	DELTA	%
2000	13119	29391	8194	1030	37585	37950	365	0,96%
2001	12642	25887	11855	1350	37742	38119	377	0,99%
2002	13093	25987	10976	1678	36963	36680	-283	0,77%
2003	13261	25512	10963	1998	36475	38104	1629	4,28%
2004	13395	25210	10814	2315	36024	38482	2458	6,39%
2005	13472	24927	10708	2627	35635	сред.ош.		2,68%
2006	13510	24680	10608	2936	35288			

территориальная разница по уровню заболеваемости.

Анализ по группе Кардиологические заболевания показывает, что в краткосрочном периоде наибольшая вероятность возникновения сердечно-сосудистых заболеваний наблюдается в с. Кинель-Черкассы на первый и второй прогнозные годы, что соответствует пойменной местности. Это объясняется концентрацией в с. Кинель-Черкассы большой доли пожилых людей; загрязнением поверхностных вод, особенно р. Бол. Кинель, микроклиматическими особенностями [7], причем вклад экологических факторов в детскую заболеваемость может достигать 30%. Большое влияние на ситуацию оказывают минеральные удобрения и пестициды, применяемые на прилегающих полях и индивидуальных участках, занятых под выращивание овощей в защищенном грунте.

Лидером по состоянию «здоров» в краткосрочный период являются плакоры, это объясняется устоявшимися микроклиматическими особенностями, плодородными почвами почв. Среди сел, относящихся к плакорному типу местности, в качестве лидера выделилась с. Кабановка по состоянию «острый» в первый год. Это объясняется тем, что село удалено от качественного медицинского обслуживания и преобладает престарелое население.

Размещения по территории болезней группы Новообразования остается стабильной, с более высоким уровнем заболеваемости в северной части района, что связано с микроэлементарным составом почв [8, 13, 14].

В группе Болезней органов дыхания смена лидеров коснулась всех населенных пунктов на начальный момент времени, это связано с особенностями микроклимата: повышенным количеством дней с ветреной погодой, повышенной влажностью, увеличивающей контагиозность, численностью и структурой населения (Болезнями органов дыхания страдают в основном дети).

С местностями структура заболеваемости связана слабо. Лидерами по Инфекционным и паразитарным заболеваниям являются населенные пункты плакорной местности. Это связано с географическим положением территории. Кинель-Черкасский район в лесостепной части является природным очагом геморрагической лихорадки с почечным синдромом. К тому же удобные пастбища района способствуют большому поголовью крупного и мелкого рогатого скота, у которого в качестве возбудителей выявлено 32 вида глистных инвазий, многие из которых могут вызывать зооантропозы [9]. Среди обнаруженных 70 видов гельминтов мелких млекопитающих, 10 видов являются патогенными для человека и сельскохозяйственных животных и вызывают описторхоз, трихинеллёз, альвеококкоз и др. [10].

Таким образом, математическое моделирование и представление медико-географических ситуаций дает объективную картину размещения нетипичных, отклоняющихся явлений, имеющих корни как в физико-географическом, так и в экономико-географическом подпространстве изучаемой системы. Ниже автор устанавливает конкретные связи, которые и обусловили в значительной мере анализируемую выше марковскую картину заболеваемости населения Кинель-Черкасского района.

Построение и распознавание образов проводилось по всем группам диагнозов, кроме группы Болезни органов дыхания, по которой наблюдается однородность в поведении всех населенных пунктов безотносительно типа местности. Анализ группы Кардиологические заболевания выявляет следующее: наблюдается принципиально схожее протекание процессов изменения заболеваемости в приречной, плакорной и пойменной местности, при значительно отстоящем от них надпойменно-террасовой местности. Данная картина наблюдается в состояниях «здоров», «острый» и «умер». Следовательно, на развитие кардиологических заболеваний влияют одни и те

же движущие силы.

Состояние «хроник» отличается от других состояний марковских расчетов наличием четырех отличающихся образов, причем очень сильна разница между приречной и пойменной, приречной и надпойменно-террасовой местностями, а плакорное протекание процесса можно рассматривать как линейную комбинацию протекающих процессов в приречной и пойменной местностях.

При анализе группы Новообразования тенденция общего развития тех же трех местностей сохраняется, однако справедлива она для других состояний: «умер», «хроник», «острый». Одной из причин этого может являться достаточно значительная (в сравнении с другими заболеваниями) скоротечность онкологических процессов в организме. Важной особенностью стоит назвать чрезвычайно низкое различие в поведении приречной и плакорной местности. Эта особенность проявляется и в состоянии «здоров». Ситуация в группе Новообразования противоположна группе Болезней органов дыхания. Здесь сохраняются те же тенденции по типам местности, однако три образа имеет состояние «умер». Нарушается и близость типов местности: в отличие от группы Новообразования в состоянии «здоров» и «острый», а также «умер» близки пойменная и плакорная местность, а в состоянии «хроник» близки приречная и пойменная.

Группа Инфекционные и паразитарные имеет важную особенность: в состоянии «здоров», дерево состояний теряет связность, формируя четыре образа по каждой местности.

Проведенное моделирование и расчет прогнозного уровня заболеваемости с применением марковских процессов позволяет утверждать, что ведущей становится тенденция некоторого роста заболеваемости населения. Объяснения этому явлению можно найти внутренние (формально выражающиеся через матрицу переходов) и внешние, т.е. произошедшие под влиянием природных и социально-экономических факторов.

Изучением влияния сельского хозяйства на здоровье занимается сельскохозяйственная токсикология, которая разрабатывает меры профилактики острых отравлений и хронического воздействия химических агентов, применяемых в сельском хозяйстве [11, 12]. Внесение высоких доз азотных удобрений в почву при определенных метеорологических факторах приводит к накоплению нитратов в растениях. При попадании нитратов в организм человека под действием кишечной микрофлоры происходит превращение

нитратов в нитриты, обладающие значительно большей токсичностью, вследствие способности соединяться с гемоглобином, нарушая обеспечение тканей кислородом. В литературе указывается [11, 12], что в любых объектах, где присутствуют нитритные ионы в кислой среде и вторичные амины, образуются нитрозоамины - большинство из которых обладают канцерогенными свойствами. Длительное внесение больших доз фосфорных удобрений приводит к повышению уровня тяжелых металлов (стронций, торий и редкоземельные элементы).

По материалам редких и разрозненных обследований можно сделать вывод о том, что наиболее часто превышение нормы по содержанию пестицидов (байтан, хлорофос) отмечается в кормах местного производства и молочных продуктах. Превышение норм в овощах встречается редко, но отмечается повышенное содержание нитратов в огурцах.

Однако негативные явления поддаются коррекции и не идут ни в какое сравнение с огромным положительным результатом использования удобрений для повышения плодородия почвы.

Основным методом, позволяющим установить взаимосвязь между уровнем заболеваемости и внешними факторами, является корреляционно-регрессионный анализ. Опыт многочисленных исследований показывает, что наиболее удобными являются парные регрессионные модели, а из множественных - те, в которых участвует не более двух или трех переменных. Для уточнения картины заболеваемости была проведена работа по установлению связи между основными геохимическими параметрами территории и уровнем заболеваемости за длительный период (1989-2004 гг.) с помощью множественной линейной регрессии. В качестве действующих на заболеваемость факторов $\{X_i\}$ автором были выбраны 8 рядов макро- и микроэлементов, концентрация которых в почвах района измерялась в мг/кг, а заболеваемость - Y - случаев в год.

Анализируя заболеваемость группы Кардиологические заболевания, отмечается наиболее высокий уровень корреляции между заболеваемостью и концентрацией азота в почвах (0,830; прямая), а также с концентрацией серы (-0,841; обратная). Значительная корреляция (-0,746; обратная) между Кардиологическими заболеваниями и кобальтом, однако ее значение ниже. Связь оценивается как существенная.

Анализируя заболеваемость группы Новообразования, отмечается наиболее высокий уровень

корреляции между заболеваемостью и концентрацией азота в почвах (0,915; прямая), а также с концентрацией серы (-0,883; обратная). Корреляция между Новообразованием и кобальтом (-0,578; обратная) низка, что особенно интересно, так как большинство исследователей на других территориях получают иные результаты. Несмотря на то, что накоплено огромное количество исследований, устанавливающих влияние меди на новообразование, автор приходит к выводу, что одним этим элементом объясняется всего лишь 59,9% вариации онкологической заболеваемости, хотя корреляция между Новообразованием и медью (0,771; прямая) высокая. Помимо регрессии по калию и сере, объясняющей 89% вариации заболеваемости, автором была проведена попытка построения четырехмерной регрессии по калию (X_2), сере (X_4), марганцу (X_5), кобальту (X_8).

Объясняющие факторы покрывают 91,1% дисперсии заболеваемости. Стандартизованные коэффициенты регрессии говорят о том, что все перечисленные факторы влияют на снижение заболеваемости Новообразованиями, так как все коэффициенты имеют отрицательный знак. Наиболее эффективным регулятором является сера (-1,013), на втором месте по значимости - калий (-0,322), далее марганец (-0,129), крайне незначительное влияние имеет кобальт.

Анализируя заболеваемость группы Болезни органов дыхания, не выявлено яркой корреляции между проявлениями заболеваний этой группы и концентрациями микроэлементов. Это свидетельствует в пользу того, что причины заболеваний Болезни органов дыхания нужно искать в климатической составляющей. Тот факт, что некоторая связь все же имеется, объясняется тем, что

иммунная реакция организма зависит от наличия в почве и в питании человека микро- и макроэлементов.

Анализируя заболеваемость группы Болезни органов пищеварения, отмечается наиболее высокий уровень корреляции между заболеваемостью и концентрацией азота в почвах (0,821; прямая), а также с концентрацией серы (-0,881; обратная). Корреляция между Болезнями органов пищеварения и кобальтом (-0,515; обратная), а также между Болезнями органов пищеварения и марганцем в почвах (0,333; прямая).

Анализируя заболеваемость группы Инфекционные и паразитарные, отмечается наиболее высокий уровень корреляции между заболеваемостью и концентрацией калия в почвах (0,494; прямая), однако этот уровень недостаточен для объяснения. Отсюда следует, что объяснение группе Инфекционные и паразитарные следует из того, что значительная часть заболеваний обусловлена миграциями паразитических элементов из Похвистневского природно-эпидемического очага, с перемещающимися животными, прежде всего мышевидными грызунами и лисами.

Анализируя группы диагнозов Кардиологические заболевания, Новообразования и Болезни органов пищеварения, прослеживается следующая закономерность: для всех этих групп диагнозов большое значение имеет концентрация калия и серы.

Таким образом, применение марковских процессов объективно основывается на физико-географическом и экологическом потенциале страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шиманчик И.П. Некоторые аспекты моделирования медико-географической ситуации как случайного процесса // Шестое Сибирское совещание по климатологическому мониторингу: Материалы совещ. Томск, 2005.
2. Неустроев С.С., Прасолов Л.И., Безсонов А.И. Естественные районы Самарской губернии. СПб., 1910.
3. Мильков Ф.Н. Среднее Поволжье. Физико-географическое описание. М.: Изд-во АН СССР, 1953.
4. Рянский Ф.Н. Эколого-экономическое районирование в регионе. Владивосток: Дальнаука, 1993.
5. Юнкеров В.И., Григорьев С.Г. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований. СПб.: ВМедА, 2002.
6. Шиманчик И.П., Ольшанский А.М., Рязанов А.Ю. Применение марковских процессов к моделированию геосистем // Исследования в области естественных наук и образования: Межвуз. сб. науч.-исслед. работ преподавателей и студентов. Самара: СамГПУ, 2005.
7. Голиков П.П. Времена года, организм и лечение. (Некоторые аспекты сезонной фармакологии). Владивосток: Дальневосточное кн. изд-во, 1968.
8. Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными

- растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Изд-во «Самарский университет», 1997.
9. Краснощеков Г.П., Розенберг Г.С. Здоровье населения как критерий оценки качества среды. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994.
 10. Кириллова Н.Ю., Кириллов А.А. Оценка эпизоотической роли мелких млекопитающих Самарской области // Самарская Лука: Бюл. 2004. № 16.
 11. Барышников И.И., Лойт А.О., Савченков М.Ф. Экологическая токсикология. Ч. 1. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1991.
 12. Барышников И.И., Лойт А.О., Савченков М.Ф. Экологическая токсикология. Ч. 2. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1991.
 13. Шевченко В.А. Медико-географическое картирование территории Украины. Киев: Наук. думка, 1994.
 14. Шабад Л.М. О циркуляции канцерогенов в окружающей среде. М.: Медицина, 1973.

THE METHOD OF A GEOCOMPLEX ANALYSIS OF MEDICAL GEOSYSTEMS

© 2007 I.P. Shimanchik
Samara State Pedagogical University, Samara

In this article a complex of geoecological potential, natural and social-economics conditions in the Kinel-Cherkassy region is considered. The new stochastic method of mathematical modeling of macro systems is offered.