

Л.В.Веремчук¹, П.Ф.Кику¹, М.В.Жерновой²**СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ**¹Владивостокский филиал Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания
Сибирского отделения РАМН – НИИ медицинской климатологии и восстановительного лечения,²ГОУ ВПО Дальневосточный федеральный университет, Владивосток**РЕЗЮМЕ**

Проведена системная оценка распространения онкологических заболеваний у населения Приморского края. В исследовании использовалась методология системного моделирования, включающая методы многомерного анализа: множественной корреляции Пирсона, информационно-энтропийный, множественной регрессии. Установлено, что экологическая зависимость распространения онкологических заболеваний в Приморском крае связана с комплексным влиянием среды обитания, характеризующемся сложным механизмом внутренних межсистемных и межфакторных взаимоотношений, различных по характеру функциональных, силовых и разнонаправленных связей.

Ключевые слова: системный анализ, моделирование, распространение, онкологические заболевания.

SUMMARY

L.V.Veremchuk, P.F.Kiku, M.V.Zhernovoi

**SYSTEM MODELLING OF ECOLOGICAL
DEPENDENCE IN DISTRIBUTION OF
ONCOLOGIC DISEASES IN THE TERRITORY
OF PRIMORSKI KRAI**

The system estimation of distribution of oncologic diseases among the population of Primorski Krai is carried out. In the research, the methodology of system modelling including methods of the multivariate analysis was used. They are the methods of multiple Pirson correlation, information and entropy method, multiple regress method. It is established that ecological dependence of distribution of oncologic diseases in Primorski Krai is connected with complex influence of habitat which has a complex mechanism of internal intersystem and interfactor interrelation as well as functional, power and different directions connections various in character.

Key words: system analysis, modelling, distribution, oncologic diseases.

Злокачественные новообразования относят к индикаторным показателям здоровья с высокой степенью зависимости от качества окружающей среды, поэтому рост онкологической заболеваемости часто рассматривают как гигиеническую проблему экологического неблагополучия среды обитания человека [4].

В России в последние годы отмечается рост заболеваемости злокачественными новообразованиями, что обусловлено неблагоприятными демографиче-

скими процессами, экологическим состоянием окружающей среды, социально-экономическими проблемами [4]. В Приморском крае – отдаленном регионе России, с характерными природно-климатическими особенностями, специфическими экологическими и социальными проблемами за последние годы (15-20 лет) сложилась неблагоприятная обстановка по распространению онкологических заболеваний. За период 1995 по 2006 гг. интенсивный коэффициент онкологической заболеваемости обеих полов возрос с 220,0 случаев на 100 тыс. населения до 305,5 случаев, при этом темп прироста показателя за этот период составил 38,9%. Необходимо отметить, что рост уровня онкопатологии наблюдается почти по всем городам и районам края. В городах уровень заболеваемости из-за повышенного загрязнения окружающей среды превышает сельский.

Изучение качества среды обитания человека в Приморском крае выявило неблагоприятный фон природно-климатических, экологических и социальных параметров среды обитания, вызывающих повышенный риск развития злокачественных новообразований [5]. Современная оценка влияния среды обитания на распространение онкологической заболеваемости связана с совокупностью различных по силе, интенсивности, направленности действия внешних факторов и полностью не объясняет причинно-следственный механизм распространения онкопатологии.

Целью исследования явилось системное моделирование экологической зависимости распространения онкологических заболеваний различных нозологических форм.

Материалы и методы исследования

Исследования по изучению распространения онкологических заболеваний у населения Приморского края проводились в соответствии с методическими рекомендациями Госкомсанэпиднадзора РФ «Унифицированные методы сбора данных, анализа и оценки заболеваемости населения с учетом комплексного действия факторов окружающей среды» [2]. В работе использовались материалы Государственного доклада о санитарно-эпидемиологической обстановке в Приморском крае (1995-2006 гг.). Онкологическая заболеваемость населения оценивалась по официальной статистической отчетности Ф12, Ф7, Ф35 за период 1995-2006 гг.: общая онкологическая заболеваемость (сумма всех нозологических форм новообразований), рак легких, почек, желудка, кожи населения 11 городов и 22 административных районов Приморского края. Окружающая среда представлена десятью функциональными системами – климатом, загрязнением воз-

духа, составом сточных вод, качеством питьевых вод, загрязнением почв, медицинским обслуживанием, производством и потреблением продуктов питания, бытовыми условиями проживания, демографической структурой населения, материальным состоянием населения края. При системном моделировании и обработке информации использовались методы многомерного анализа – множественной корреляции Пирсона, информационно-энтропийный, множественной регрессии.

Результаты исследования и их обсуждение

Методология исследования состояла из трех этапов: на первом этапе изучались связи в обобщенном аспекте – сопоставлялась общая онкологическая заболеваемость с общим комплексом факторов среды обитания; на втором этапе рассматривалась заболеваемость по четырем нозологическим формам (рак легких, почек, желудка, кожи) при системном воздействии факторов внешней среды; на третьем –

изучалось влияние отдельных факторов среды на различные виды онкопатологии.

На первом этапе для моделирования был использован метод множественной корреляции Пирсона, в основе которого лежал анализ межсистемных корреляционных связей. Алгоритм анализа связей имел следующие шаги:

- отбор значимых корреляционных связей ($p < 0,05$);
- моделирование межсистемных взаимоотношений «среды и человека» с выделением прямых (непосредственных) и косвенных связей относительно распространения онкологических заболеваний.

Проведенный расчет и отбор наиболее значимых корреляционных связей между показателями общей онкологической заболеваемости и десятью природно-экологическими и социальными системами среды обитания человека показал сложную сеть межсистемных взаимоотношений (рис. 1).

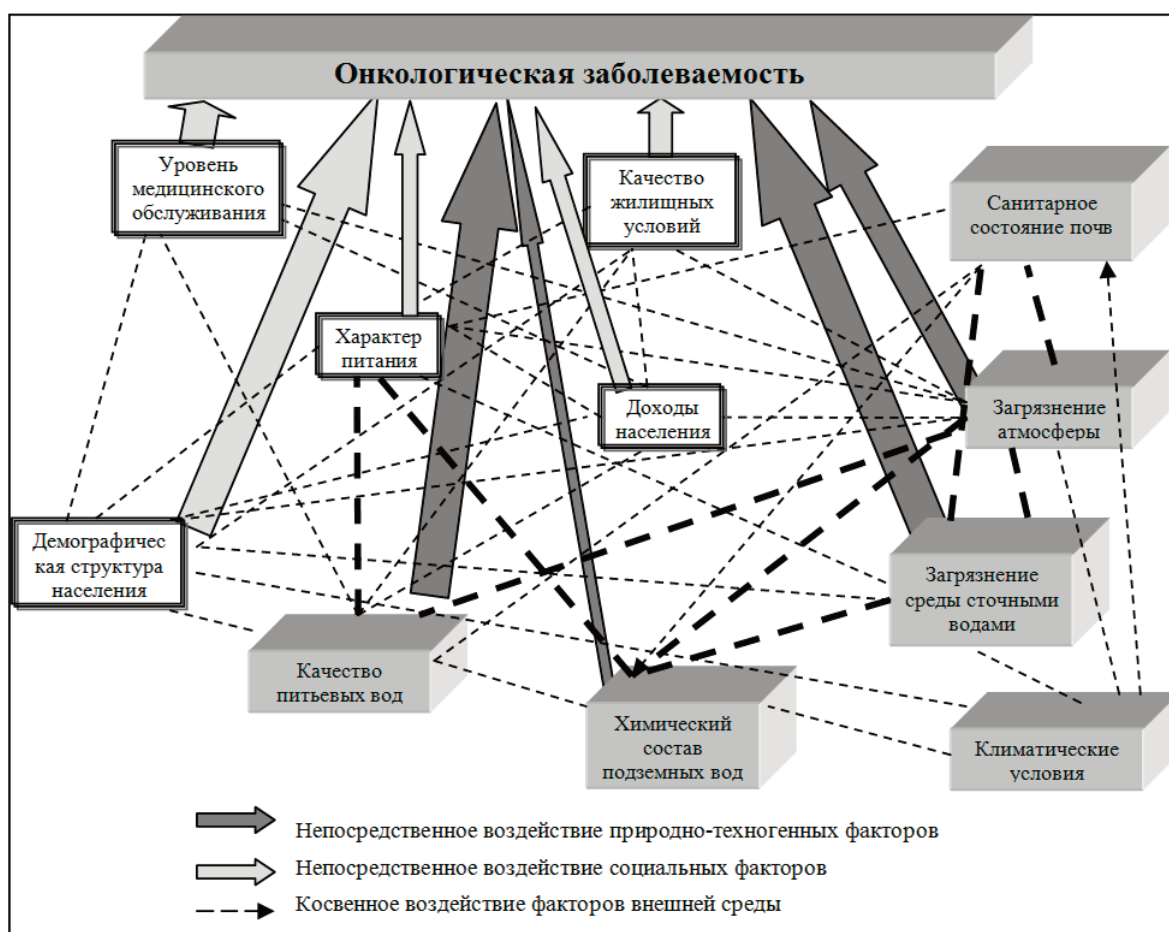


Рис. 1. Модель системных взаимодействий факторов окружающей среды при распространении онкологических заболеваний в Приморском крае.

Примечание: толщина стрелок указывает на силу межсистемных связей.

Выделились две группы непосредственного внешнего воздействия на распространение онкологических заболеваний – социальные и техногенные, которые отличались по силе влияния. Среди социальных факторов доминирующее значение имеет демографическая структура населения, включающая показатели поло-

возрастной, социальной и профессиональной направленности действия. Также среди социальных факторов большой вес имеет качество организации здравоохранения в регионе, так как раннее диагностирование онкологических заболеваний (при хорошем медицинском обеспечении) определяет и уровень распространения

онкологической заболеваемости (рис. 1). Определенное значение имеет качество жизни населения: благоустройство жилищных условий, уровень доходов населения и характер питания.

Сильное воздействие на окружающую среду оказывает техногенная составляющая, которая загрязняет атмосферу, воду и почву. Обобщенное системное моделирование показало сильную зависимость распространения онкологических заболеваний в Приморском крае от качества питьевых вод и уровня загрязнения атмосферы (рис. 1).

Для определения причинно-следственных связей экологической зависимости распространения онкологических заболеваний в крае были рассмотрены и косвенные воздействия (рис. 1). Косвенные связи показывают среду обитания человека как сложную целостную экосистему, где все процессы взаимосвязаны и взаимообусловлены. Так, санитарное состояние почвы непосредственно не может влиять на распространение онкологических заболеваний, однако загрязнение почв частично формирует качественный состав подземных вод, которые, в свою очередь, влияют на химический состав питьевых вод и т.д. Такое же сложное влияние оказывает и климат. Можно сказать, что распространение онкологических заболеваний в Приморском крае прямо или косвенно зависит от воздействия всех составляющих окружающую среду функциональных систем, причем непосредственное влияние с наибольшей силой оказывают производные эколого-техногенной системы – загрязнение воздуха, загрязнение среды сточными водами, качество питьевой воды. Среди социальных систем наибольшее влияние имеют демографическая структура населения, жилищные условия и качество здравоохранения. Полученные обобщенные результаты показали, что ведущими факторами, воздействующими на распространение онкологических заболеваний в Приморском крае являются техногенное загрязнение атмосферы, загрязнение окружающей среды сточными водами, низкое качество питьевых вод.

На втором этапе изучалось влияние внешней среды в аспекте многофункционального воздействия на различные нозологические формы: рак легких, почек, желудка и кожи. Если на первом этапе моделирование процессов развития экологической обусловленности онкологических заболеваний использовались корреляционные связи, не учитывающие информационные «шумы», возникающие при обработке многомерной информации, то на втором этапе межсистемные взаимоотношения рассмотрены с позиции общего комплексного воздействия внешней среды, где среда обитания является экологическим фоном, на котором происходит распространение заболеваний. Для решения этой задачи был применен метод информационно-энтропийного анализа, оценивающий совокупное влияние большого объема информации с позиции комплексности и многофункциональности разноуровневого действия различных систем, формирующих сложные взаимоотношения человека со средой.

Информационно-энтропийный анализ позволил рассчитать уровень неопределенности информации (энтропии- H), возникающей в больших массивах информации [3]. Связь человека со средой оценивалась через понятия безусловной и условной энтропии, где безусловная энтропия $H(x)$ характеризовала неопределенность информации в окружающей среде (x), а условная энтропия $H(y/x)$ – зависимость заболеваемости (y) от воздействия факторов среды обитания (x). Разница между безусловной и условной энтропией позволила вычислить величину экологической зависимости $I(y)$. Был рассчитан интегральный показатель экологической зависимости $I(y)$, позволивший количественно оценить степень распространения общей онкологической заболеваемости, рака легких, почек, желудка, кожи от природно-техногенной и социальной среды обитания человека.

Анализ показателя $I(y)$ показал высокую экологическую зависимость распространения заболеваемости раком кожи – 0,42-0,55 усл. ед. (табл.). В качестве сравнения, у Ю.П.Лисицына [1] степень зависимости окружающей среды и человека в среднем по России находится в пределах 20% (или 0,2 усл. ед.). Экологическая зависимость распространения рака легких и рака почек ниже – 0,32-0,47 усл. ед. Рак желудка имеет самый низкий показатель $I(y)$ – 0,34-0,43 усл. ед., что свидетельствует о повышении роли эндогенных факторов в формировании этих онкологических заболеваний (табл.).

Системно-функциональная оценка показателей $I(y)$ по природно-техногенному и социальному блокам факторов выявила различные степени влияния (табл., рис. 2). Распространение рака почек и легких в большей степени зависит от влияния природно-техногенных факторов и в меньшей степени – от социальных условий среды обитания. В целом при комплексном анализе воздействия факторов среды обитания определены высокие показатели экологической зависимости распространения онкологических заболеваний в Приморском крае (0,32-0,55 усл. ед.) Полученный результат указывает на механизм причинно-следственных связей взаимоотношений человека и окружающей среды в распространении онкологических заболеваний.

На третьем этапе исследования были выделены факторные приоритеты воздействия на различные нозологические формы онкопатологии. Решение данной задачи сводится к определению конкретных факторов среды, изменение которых может вызвать изменение уровня онкологической заболеваемости. В качестве расчетного инструмента использовался метод множественной регрессии (Statistica 6.0). В задачу множественной регрессии входил анализ связи между независимыми переменными (предикторами), характеризующими факторы среды, и зависимой переменной (показатель заболеваемости). Была рассчитана регрессионная зависимость каждой функциональной системы с каждой нозологической формой: рак легких, почек, желудка, кожи.

Системно-функциональная экологическая зависимость ($I(y)$) распространения онкологических заболеваний в Приморском крае

Факторы среды	Рак легких		Рак почек		Рак желудка		Рак кожи	
	$I(y)$, усл. ед.	в %	$I(y)$, усл. ед.	в %	$I(y)$, усл. ед.	в %	$I(y)$, усл. ед.	в %
Климатические условия	-	-	-	-	-	-	0,3	7,0
Качество питьевой воды	0,3	7,6	0,43	13,1	-	-	-	-
Загрязнение среды сточными водами	0,71	17,9	0,75	22,8	0,58	17,2	0,42	9,8
Химический состав подземных вод	0,4	10,1	0,4	12,2	0,45	13,3	0,44	10,3
Санитарное состояние почв	0,41	10,4	0,4	12,2	0,37	10,8	0,56	13,1
Загрязнение атмосферы	0,55	13,9	0,35	10,6	0,3	8,9	0,36	8,5
Демографическая структура населения	0,21	5,3	0,36	10,9	0,22	6,5	0,58	13,6
Качество жилищных условий	0,36	9,1	0,27	8,2	0,43	12,7	0,61	14,3
Характер питания	0,25	6,3	0,33	10,0	0,33	9,8	-	-
Доходы населения	0,4	10,1	-	-	0,36	10,7	0,54	12,6
Уровень медицинского обслуживания	0,37	9,3	-	-	0,34	10,1	0,46	10,8
Природно-техногенный блок факторов	0,47	59,8	0,47	70,8	0,43	50,3	0,42	48,7
Социальный блок факторов	0,32	40,2	0,32	29,2	0,34	49,7	0,55	51,3

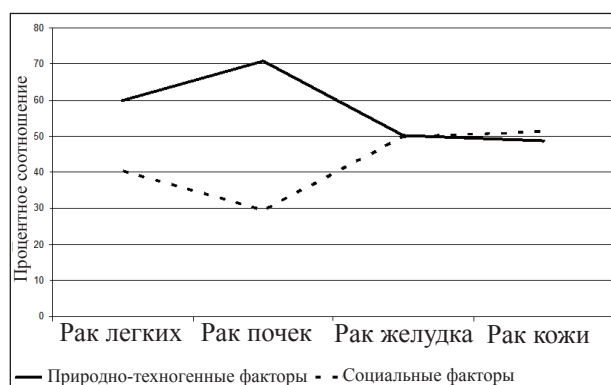


Рис. 2. Экологическая зависимость распространения онкологических заболеваний в Приморском крае от природно-техногенной и социальной среды.

Результатами расчета явились следующие показатели статистической функции: R -квадрат, коэффициент B и p -level для каждого входящего в модель предиктора. Значимость факторов по p -level $< 0,05$ была установлена у 23 показателей (рис. 3). Были отобраны системы, где R -квадрат был выше 0,5 и переменные (предикторы), у которых была наибольшая величина коэффициента B при p -level $< 0,05$. Из 10 систем, где R -квадрат превышал 0,5, выделились 7, из них 4 относились к природно-техногенному блоку факторов и 3 — к социальному. Установлено, что распространение рака кожи и легких зависит от большего количества воздействующих факторов, чем рака желудка и почек.

Экологическая зависимость распространения рака легких непосредственно связана с загрязнением воздуха, химическим составом подземных вод, доходами населения и качеством медицинского обслуживания, где R -квадрат превысил 0,5 (рис. 3). Наибольшую значимость в распространении рака легких в Приморском крае имеют показатели «суммарного индекса опасности загрязнения воздуха» и количества «твердых взвешенных веществ в воздухе». Относительно

высокая степень влияния установлена от концентрации в подземных водах As и Cr. В социальный блок факторов вошли показатели с повышенной значимостью ($p < 0,01$) — «расходы населения» и «размер пенсий». Последний показатель можно косвенно связать с демографической структурой населения, так как распространенность в крае рака легких, в основном, преобладает у лиц пенсионного возраста. Высокую значимость ($p < 0,01$) имеют показатели, характеризующие качество медицинской помощи: «мощность амбулаторно-поликлинических учреждений», «количество врачей и среднего медицинского персонала». Все это свидетельствует о том, что распространение рака легких кроме зависимости от техногенных факторов имеет и социальную обусловленность заболевания, связанную с высоким уровнем медицинского обслуживания, что позволяет осуществлять диагностику на ранних стадиях, и, как следствие, повышение уровня заболеваемости по статистической отчетности. Социальная обусловленность распространения связана с качеством медицинского обслуживания и материальным состоянием населения края.

Уровень распространения рака почек при системной оценке определяется, в первую очередь, химическим составом подземных вод и, частично, питьевых вод, где высокую значимость ($p < 0,01$) имеет показатель жесткости подземных вод, косвенно определяющий качество питьевых вод Приморского края (химический состав водопроводной сети). Значимость ($p < 0,05$) имеет показатель загрязнения подземных вод сульфат-ионами и фенолами, что, вероятно, связано в Приморье с повышенным загрязнением среды сточными водами. Значимыми ($p < 0,05$) являются демографические показатели распределения населения по полу, что говорит о некоторых особенностях распространения рака почек у женщин и мужчин. В целом распространение рака почек в Приморском крае зависит от природно-техногенной среды и в меньшей степени это заболевание социально обусловлено.

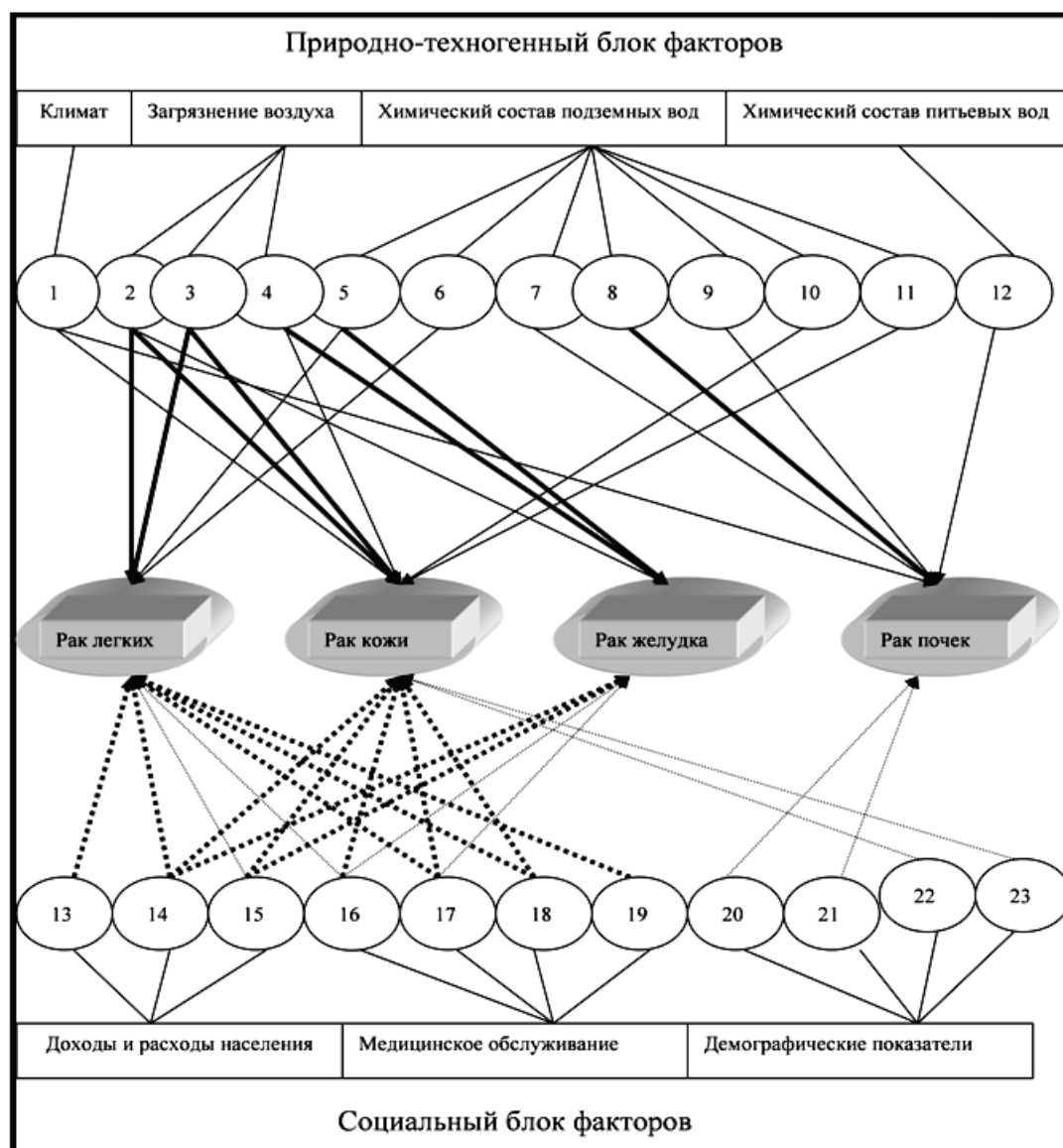


Рис. 3. Факторные приоритеты воздействия среды на распространение онкологических заболеваний в Приморском крае.

Примечание: 1 – скорость ветра, 2 – суммарный индекс опасности загрязнения воздуха, 3 – содержание твердых взвешенных веществ в воздухе, 4 – содержание CO в воздухе, 5 – содержание As в подземных водах, 6 – содержание Cr в подземных водах, 7 – содержание SO₄ в подземных водах, 8 – жесткость подземных вод, 9 – загрязнение подземных вод фенолом, 10 – содержание NO₃ в подземных водах, 11 – содержание Mo в подземных водах, 12 – химический состав водопроводной сети, 13 – денежные расходы населения в среднем на душу населения в месяц (руб.), 14 – размер пенсий, 15 – денежные доходы населения в среднем на душу населения в месяц (руб.), 16 – число больничных коек на 10 тыс. населения, 17 – мощность амбулаторно-поликлинических учреждений (посещений в смену на 10 тыс. населения), 18 – количество врачей на 10 тыс. населения, 19 – количество среднего медицинского персонала на 10 тыс. населения, 20 – распределение населения по полу (мужчин), 21 – распределение населения по полу (женщин), 22 – количество населения старше трудоспособного возраста, 23 – среднегодовая численность населения, занятая в экономике (чел.). Сплошная стрелка – воздействие природно-техногенного блока, пунктирная – социального блока. Толщина стрелки указывает на *p-level* (жирная стрелка – $p < 0,01$, тонкая – $p < 0,05$).

Показатели заболеваемости раком кожи в Приморском крае имеют наибольшие коэффициенты экологической зависимости $I(y) = 0,42-0,55$ усл. ед. Результаты показали, что соотношение влияния природно-техногенных (48,7%) и социальных (51,3%) факторов практически паритетное, с небольшим превышением влияния социальных факторов (табл.). Наиболее значимыми ($p < 0,01$) являются показатели загрязнения

воздуха: суммарный индекс опасности и содержание твердых взвешенных веществ за счет токсичности выбросов и высокого содержания пыли. Процесс неблагоприятного влияния на кожу загрязнения атмосферы связан с влиянием пыли и усугубляется патогенетическим действием химических компонентов, находящихся в загрязненном воздухе. Статистическую значимость имеет скорость ветра ($p < 0,05$), еще более

усугубляющая проблему загрязнения воздуха. Определенное значение в распространении онкологических заболеваний кожи имеют показатели содержания Мо и нитрат-ионов в подземных водах ($p < 0,05$), которые, возможно определяют химический состав питьевых и бытовых вод, которые человек использует для различных целей (мытья, купания и т.д.). Среди социальных блоков факторов наиболее значимыми ($p < 0,01$) являются показатели доходов населения и медицинского обслуживания (рис. 3). Распространение заболеваемости раком кожи зависит от широкого круга факторов внешней среды, которые, в основном, косвенно (демографические показатели, доходы населения), а в некоторых случаях непосредственно (показатели медицинского обслуживания, загрязнения воздуха) влияют на распространенность заболеваемости, причем вектор экологической зависимости имеет некоторое преимущество в сторону социальной обусловленности распространения.

Уровень распространения рака желудка на 50,3% зависит от загрязнения внешней среды и на 49,7% от социальных условий, то есть, находится в почти равных условиях воздействия. Изучение факторных приоритетов установило высоко значимую ($p < 0,01$) связь с показателями загрязнения воздуха СО, содержанием As в подземных водах и доходами населения, являющимися косвенными показателями. Так как онкопатология является системным заболеванием всего организма, можно предположить, что влияние загрязнения воздуха и химического состава подземных вод, формирующих качество питьевых вод, оказывает патогенетическое влияние на различные системы организма, в том числе и на систему желудочно-кишечного тракта.

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

- экологическая зависимость распространения онкологических заболеваний в Приморском крае связана с комплексным влиянием среды обитания, характеризующемся сложным механизмом внутренних межси-

стемных и межфакторных взаимоотношений, различных по характеру функциональных, силовых и разнонаправленных связей;

- наиболее экологически зависимым онкологическим заболеванием в Приморском крае является рак кожи, менее зависимым – рак желудка;

- при комплексной оценке среды обитания значительное влияние на распространение онкопатологии имеют природно-техногенный (загрязнение среды сточными водами, загрязнение атмосферы, качество питьевых вод) и социальный (демографическая структура общества, доходы населения, жилищные условия, качество здравоохранения) блоки.

Таким образом, изучение прямых и косвенных связей в общей схеме взаимоотношений «человека» и «среды» с использованием системного информационно-аналитического моделирования позволило расширить понимание сложного механизма причинно-следственных связей распространения онкологических заболеваний, что необходимо учитывать при разработке лечебно-профилактических программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисицын Ю.П. Концепция факторов риска и образа жизни // Здравоохранение РФ. 1998. №3. С.49–52.
2. Унифицированные методы сбора данных, анализа и оценки заболеваемости населения с учетом комплексного действия факторов окружающей среды. Методические рекомендации Госкомсанэпиднадзора РФ от 26 февраля 1996 года №01-19/12-17. М., 1996. 56 с.
3. Теория информации в медицине / под ред. В.А.Бандарина. Минск, 1974. 272 с.
4. Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2005 году (заболеваемость и смертность). М.: ФГУ МНИОИ, 2007. 252 с.
5. Эколого-гигиенические и медико-социальные проблемы онкологических заболеваний / Савченков М.Ф. [и др.]. Владивосток: Дальнаука, 2007. 222 с.

Поступила 02.02.2011

*Людмила Васильевна Веремчук, ведущий научный сотрудник,
690105, г. Владивосток, ул. Русская, 73г;
Ludmila V. Veremchuk,
73g Russkaya Str., Vladivostok, 690105;
E-mail: vfdnz@mail.ru*

