

ОНКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ И БАЗОВЫЕ СТАНЦИИ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Пчельник О.А.¹, Нефёдов П.В.², Кунделеков А.Г.²

¹Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Краснодарскому краю, Краснодар, e-mail: sith789@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Краснодар, e-mail: pv37@mail.ru

Изучали взаимосвязь между уровнем общей онкологической заболеваемости (болезни II класса: C00-C97) и онкологической заболеваемости центральной нервной системы (C71-C72) среди взрослого населения (18 лет и старше, всего около 4 млн человек) и удельным количеством базовых станций (УКБС) сотовой связи (единиц на 100 тысяч населения) во всех 44-х муниципальных образованиях (далее – районах) Краснодарского края за 2001–2012 гг. Применяли корреляционный и регрессионный анализ. Сравнивали процент районов с прямой и обратной связью между уровнем онкологической заболеваемости и УКБС. Показано, что количество районов с прямой корреляционной связью между уровнем онкологической заболеваемости и УКБС значительно преобладало над числом районов с обратной связью. Наиболее тесная связь между уровнем общей онкологической заболеваемости и УКБС ($r=0,948\pm 0,101$; $R^2=89,9$ %) и частотой онкологической заболеваемости центральной нервной системы и УКБС ($r=0,798\pm 0,191$; $R^2=63,7$ %) выявлена среди группы районов с высоким базисным темпом прироста базовых станций сотовой связи. Высказано предположение о возможном, в том числе при наличии неучтённых неопределенностей, негативном влиянии базовых станций сотовой связи на показатели онкологической заболеваемости взрослого населения в регионе.

Ключевые слова: Краснодарский край, базовые станции сотовой связи, взрослое население, онкологическая заболеваемость (болезни II класса: C00-C97; C71-C72), корреляционный анализ, регрессионный анализ.

CANCER INCIDENCE OF ADULT POPULATION AND BASE STATION OF CELLULAR COMMUNICATION

Pchelnik O.A.¹, Nefedov P.V.², Kundelekov A.G.²

¹Management of Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare (Rosпотребнадзор), the Krasnodar Region, Krasnodar, e-mail: sith789@yandex.ru;

²Kuban state medical University of Ministry of healthcare of Russia, Krasnodar, e-mail: pv37@mail.ru

The relationship between the level of total cancer morbidity (illness class II: C00–C97) and separate cancer incidence of Central nervous system (C71–C72) of the adult population (18 years and older, only about 4 million people) and a specific number of base stations (SNBS) cellular (units per 100 thousand population) in all 44 municipalities (hereinafter areas) of Krasnodar region for 2001–2012 years was studied. Correlation and regression analysis were applied. The percentage of districts with direct and reverse link between cancer incidence and SNBS was compared. It is shown that the number of regions with a direct correlation link between the level of cancer morbidity and SNBS considerably exceeded the number of districts with reverse link. The closest relationship between the level of total cancer incidence and SNBS ($r=0,948\pm 0,101$; $R^2=89,9$ %) and the frequency of oncological diseases of the Central nervous system and SNBS ($r=0,798\pm 0,191$; $R^2=63,7$ %) was found among the groups of areas with a high underlying rate of growth of the base stations of cellular communication. The next suggestion was made, that, including in the presence of unaccounted for uncertainty, there can be possible negative impact of base stations of cellular communication in the rates of cancer incidence of adult population in the region.

Keywords: Krasnodar region, the base station of cellular communication, adult population, cancer incidence (disease class II: C00-97; C71–C72), correlation analysis, regression analysis.

В 2011 году Рабочая группа Международного агентства ВОЗ по изучению рака классифицировала электромагнитные поля радиочастотного диапазона как возможный канцероген для человека (Группа 2B) [1]. Между тем в научной литературе имеются противоречивые сведения о влиянии электромагнитных излучений (ЭМИ) базовых станций

(БС) сотовой связи на онкологическую заболеваемость населения. Так, R. Wolf, D. Wolf привели данные о повышенной онкологической заболеваемости среди женщин, проживающих вблизи БС [5]. Материалы аналогичного характера опубликовали H. Eger et al. [2]. M. Kundi, H.P. Nutter указывают на значительное увеличение онкологической заболеваемости в радиусе 350–400 м от БС [3]. I. Yakumenko et al. считают, что канцерогенный эффект воздействия БС обычно проявляется после длительной (10 лет и более) экспозиции [6].

Однако M.S.Yildirim et al., анализируя результаты своих исследований, приходят к выводу, что ЭМИ БС не приводят к канцерогенезу [7]. Агентство США по охране окружающей среды также утверждает, что энергии ЭМИ БС недостаточно, чтобы повредить химические связи в молекулах ДНК, что может привести к мутациям [4].

В Краснодарском крае с широко развитой инфраструктурой мобильной связи исследований по этой проблеме не проводилось.

Цель исследования: изучить возможную связь между количественными показателями развития сети БС на территории Краснодарского края и распространенностью онкологической заболеваемости взрослого населения за период 2001–2012 гг.

Материал и методы. Для работы были использованы сведения официальной статистики об уровне онкологической заболеваемости в целом (болезни II класса: С00–С97) и о показателях заболеваемости злокачественными новообразованиями центральной нервной системы (С71, С72) среди взрослого населения (18 лет и старше) во всех 44-х муниципальных образованиях края (всего около 4 млн человек). Параллельно анализировали статистические данные основных операторов сотовой связи (МТС, Мегафон, Билайн) о количестве БС по годам в каждом муниципальном образовании (далее – районе). Рассчитывали показатели удельного количества БС (УКБС) в каждом районе края (единиц на 100 тыс. населения), базисные темпы его ежегодного прироста за период 2001–2012 гг. (за базу принят 2001 год), выводились средние величины темпов прироста. Районы ранжировали по уровню темпов прироста БС, затем их разделили на 3 равные части и получили группы районов с высоким, средним и низким темпом прироста БС. В каждой группе районов рассчитали среднюю величину УКБС, при этом было отмечено, что чем ниже темп прироста БС, тем выше их удельное количество.

Для оценки значимости и направления связи между уровнем онкологической заболеваемости населения и УКБС применяли корреляционный и регрессионный анализ. При этом сопоставляли два массива данных: интенсивные показатели уровня онкологической заболеваемости за период 2001–2012 гг. и показатели УКБС по годам за тот же период в среднем по краю и по всем районам края в отдельности соответственно рангу

темпов прироста в них УКБС. Число степеней свободы (df) принимали как $n-2$. Критический уровень значимости статистической достоверности принимали при $p \leq 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение

При анализе связи между показателями заболеваемости злокачественными новообразованиями у взрослого населения Краснодарского края (болезни II класса: C00-C97) и УКБС были получены результаты, свидетельствующие об их высокой тесноте (табл. 1).

Таблица 1

Показатели связи между уровнем онкологической заболеваемости взрослого населения Краснодарского края (болезни II класса: C00-C97) и УКБС за период с 2001 по 2012 г.

№ группы	Муниципальные образования (районы) края	Показатели УЗ и УКБС за 2001-2012 гг. (n=12; df=10)	% районов с прямой связью	r	R ² %
1.	Все районы (n=44)	УЗ=368,25 (338,9...412,6)	95,45±3,14	0,901*	81,2
		УКБС=47,8 (3,98...130,6)			
2.	Районы с высоким темпом прироста БС (n=15)	УЗ=359,02 (339,2...406,53)	100	0,948*	89,9
		УКБС=41,3 (1,5...119,3)			
3.	Районы со средним темпом прироста БС (n=15)	УЗ=378,3 (342,23...424,09)	93,3±6,45	0,835*	69,7
		УКБС=49,9 (3,62...132,99)			
4.	Районы с низким темпом прироста БС (n=14)	УЗ=367,36 (335,06...406,97)	92,86±6,8	0,851*	72,4
		УКБС=52,5 (7,02...140,2)			

Примечание:

УЗ – уровень заболеваемости, случаев на 100 000 населения: \bar{A} (A_1 2001 г. ... A_{12} 2012 г.);
 УКБС – удельное количество БС, единиц на 100 тысяч населения: \bar{A} (A_1 2001 г. ... A_{12} 2012 г.);
 r – коэффициент линейной корреляции; R² % – коэффициент детерминации;
 * – уровень статистической достоверности ($p < 0,001$).

Так, из всех 44-х районов (группа № 1) в 42-х (95,45±3,14 %) между показателями уровня онкологической заболеваемости взрослого населения и УКБС связь была прямой, из них в 25 случаях (56,8±7,3 %) статистически достоверной. В 2-х районах (4,55±3,14 %) она была очень сильной ($r=0,905 \pm 0,135$ и $0,909 \pm 0,132$), в 13-ти (29,54±6,88%) сильной (от $r=0,724 \pm 0,218$ до $r=0,891 \pm 0,144$) и в 10-ти средней силы (от $r=0,61 \pm 0,251$ до $r=0,696 \pm 0,227$).

Обратная и статистически недостоверная связь между показателями уровня онкологической заболеваемости взрослого населения и УКБС из 44 районов края отмечена только в 2-х (4,55±3,14%), доля взрослого населения в которых составляла всего 3,67 %.

Различие в количестве районов с прямой и обратной связями между изучаемыми показателями существенно и статистически достоверно ($t=20,4$; $p < 0,0001$).

Как видно (табл. 1), в крае в целом отмечена очень сильная связь между показателями заболеваемости злокачественными новообразованиями (C00-C97) и УКБС: $r=0,901 \pm 0,137$; R²=81,2 %. Уравнение линейной регрессии, зависимости показателей частоты онкологической заболеваемости взрослого населения Краснодарского края (Y) от УКБС (X) в

крае имеет вид: $Y=339,5+0,601*X$ при $DU=99\%$.

В группе № 2, отличающейся высоким базисным темпом прироста БС, однако низким значением УКБС (табл. 1), корреляционный анализ данных показал во всех 15-ти районах края прямую связь между показателями частоты онкологической патологии среди взрослого населения и УКБС. В 7-ми случаях ($46,67\pm 12,88\%$) она была статистически достоверной. Из них в 2-х районах прямая связь была очень сильной ($r=0,905\pm 0,135$ и $0,909\pm 0,132$), в 4-х сильной (от $r=0,74\pm 0,213$ до $r=0,88\pm 0,15$) и в 1-м средней силы ($r=0,67\pm 0,235$).

Таким образом, в районах группы № 2 имела место преимущественно очень сильная и сильная зависимость показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями от УКБС: $r=0,948\pm 0,101$; $R^2=89,9\%$.

Математическая модель прогноза зависимости частоты встречаемости злокачественных новообразований у взрослого населения районов группы № 2 (Y) от УКБС (X), имеет вид: $Y=332,9+0,632109*X$; $DU=99\%$.

В группе № 3 (табл. 1) из 15-ти районов прямая связь между показателями уровня заболеваемости онкологической патологией и УКБС отмечена в 14-ти случаях ($93,3\pm 6,45\%$). Корреляционный анализ данных показал, что в 10-ти районах ($66,67\pm 12,17\%$) такая связь была статистически достоверной (в 6-ти сильной: от $r=0,724\pm 0,218$ до $r=0,891\pm 0,144$ и в 4-х средней силы: от $r=0,612\pm 0,25$ до $r=0,666\pm 0,236$).

Только в одном районе, доля взрослого населения в котором составляет 6,7 % от всех взрослых группы № 3, эта связь была обратной, статистически недостоверной.

Количество районов с прямой связью между показателями частоты онкологической заболеваемости среди взрослого населения группы № 3 и УКБС статистически достоверно больше, чем районов с обратной связью: $t=9,4$; $p<0,001$.

Анализ данных по группе районов № 3 демонстрирует сильную связь между частотой онкологической заболеваемости и УКБС: $r=0,835\pm 0,174$; $R^2=69,7\%$.

Аппроксимация данных с помощью полиномиального регрессионного анализа также показывает зависимость частоты онкологической патологии (Y) у взрослого населения группы районов № 3 от УКБС (X), а наиболее адекватной моделью прогноза служит уравнение полиномиальной регрессии: $Y=318,384+1,91837*X-0,00901387*X^2$; $DU=99\%$.

В группе № 4 (табл. 1) из 14 районов в 13-ти ($92,86\pm 6,88\%$) связь между изучаемыми показателями была прямой (табл.1). В 8-ми районах она была статистически достоверной, в том числе в 4-х сильной (от $r=0,70\pm 0,226$ до $r=0,82\pm 0,181$) и в 4-х средней силы (от $r=0,61\pm 0,251$ до $r=0,67\pm 0,235$).

Вместе с тем в одном районе ($7,14\pm 6,88\%$), доля взрослого населения которого составляет 3,5 % от общего их количества в группе № 4, связь была обратной, но не

существенной.

Различие в количестве районов с прямой и обратной связью статистически достоверно: $t=8,8$; $p<0,001$.

В целом в группе районов № 4 между уровнем онкологической заболеваемости взрослого населения и УКБС также найдена сильная прямая связь: $r=0,851\pm 0,166$; $R^2=72,4\%$.

Регрессионный анализ показал, что наиболее адекватной моделью прогноза зависимости уровня общей заболеваемости злокачественными новообразованиями среди взрослого населения (Y) и УКБС (X) для группы районов № 4 является уравнение полиномиальной регрессии, которое имеет вид: $Y=328,33+1,09853*X-0,00434493*X^2$ при ДУ=99 %.

Таким образом, негативная связь между частотой всей онкологической заболеваемости взрослого населения края и УКБС представляется достаточно очевидной.

Изучение возможного влияния ЭМИ базовых станций (по УКБС) на показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями центральной нервной системы (С71, С72) среди взрослого населения всех 44-х районов Краснодарского края (табл. 2, группа № 1) показало прямую связь в 35-ти из них ($79,55\pm 6,08\%$). В 8-ми районах ($18,18\pm 5,81\%$) она была статистически достоверной, в том числе в 3-х сильной (от $r=0,777\pm 0,199$ до $r=0,846\pm 0,169$) и в 5-ти средней силы (от $r=0,58\pm 0,258$ до $r=0,645\pm 0,242$).

Таблица 2

Показатели связи между уровнем заболеваемости взрослого населения Краснодарского края злокачественными новообразованиями центральной нервной системы (С71, С72) и удельным количеством базовых станций за период с 2001 по 2012 г.

№ группы	Муниципальные образования (районы) края	Показатели УЗ и УКБС за 2001–2012 гг. (n=12; df=10)	% районов с прямой связью	r	R ² , %
1.	Все районы (n=44)	УЗ=4,259 (3,816...5,341)	79,55±6,08	0,73*	53,2
		УКБС=47,8 (3,98...130,6)			
2.	Районы с высоким темпом прироста БС (n=15)	УЗ= 4,197 (4,053...5,993)	86,66±8,78	0,798**	63,7
		УКБС=41,3 (1,5...119,3)			
3.	Районы со средним темпом прироста БС (n=15)	УЗ=4,088 (4,313...4,753)	66,67±12,2	0,394	15,5
		УКБС=49,9 (3,62...132,99)			
4.	Районы с низким темпом прироста БС (n=14)	УЗ=4,508 (3,029...5,271)	85,71±9,4	0,606*	36,7
		УКБС=52,5 (7,02...140,2)			

Примечание:

УЗ – уровень заболеваемости, случаев на 100 000 населения: \bar{A} (A_1 2001 г. ... A_{12} 2012 г.);

УКБС – удельное количество БС, единиц на 100 тысяч населения: \bar{A} (A_1 2001 г. ... A_{12} 2012 г.);

r – коэффициент линейной корреляции; R², % – коэффициент детерминации;

* – уровень статистической достоверности ($p<0,05$);

** – уровень статистической достоверности ($p<0,001$).

Однако в 9-ти из 44-х районов ($20,45 \pm 6,08$ %), в которых доля взрослого населения составляла 14,2 %, между изучаемыми показателями обнаружена обратная, но статистически недостоверная связь.

Количество районов края с прямой связью между показателями заболеваемости злокачественными новообразованиями ЦНС и УКБС было значительно (почти в 4 раза) и статистически достоверно ($t=6,87$; $p<0,001$) больше, чем районов с связью обратной, а доля взрослого населения в районах с обратной связью была в 6 раз меньше ($t=9,63$; $p<0,001$).

Корреляционный анализ данных показал высокую степень достоверности связи между уровнем заболеваемости взрослого населения края злокачественными новообразованиями центральной нервной системы и УКБС: $r=0,73 \pm 0,216$; $R^2=53,2$ %.

Аппроксимация динамики изучаемых данных показала, что наиболее адекватной моделью прогноза является линейная регрессия, уравнение которой имеет вид: $Y=3,4867+0,016154*X$, где Y – частота злокачественных заболеваний ЦНС, а X – УКБС; $DU=99$ %.

В группе № 2 (табл. 2) прямая связь между показателями заболеваемости злокачественными новообразованиями ЦНС и УКБС из 15-ти районов отмечена в 13-ти ($86,66 \pm 8,78$ %). Из них в 3-х районах ($20,0 \pm 10,33$ %) она была статистически достоверной: в 2-х районах сильной ($r=0,777 \pm 0,199$ и $0,846 \pm 0,169$) и в 1-м средней силы ($r=0,624 \pm 0,247$).

Вместе с тем в 2-х из 15-ти районов этой группы ($13,33 \pm 8,78$ %) связь между показателями распространенности злокачественных новообразований ЦНС и УКБС была обратной, недостоверной, очень слабой силы. В этих районах доля взрослого населения от числа всех взрослых группы № 2 составляла 11,3 %.

Соотношение количества районов, в которых заболеваемость злокачественными новообразованиями центральной нервной системы прямо коррелирует с УКБС, значительно и статистически достоверно больше ($t=5,9$; $p<0,01$), чем районов с обратной связью. Та же тенденция наблюдается и с численностью взрослого населения сравниваемых муниципальных образований: $t=6,7$; $p<0,001$.

Как видно (табл. 2), в группе районов № 2, отличающейся высоким темпом прироста БС, отмечена тесная статистическая достоверная прямая корреляционная связь между заболеваемостью злокачественными новообразованиями центральной нервной системы (Y) и УКБС (X): $r=0,798 \pm 0,191$; $p<0,001$; $R^2=63,7$ %. Уравнение линейной регрессии имеет вид: $Y=3,2398+0,023162*X$; $DU=99$ %.

Группа районов № 3 (табл. 2) отличалась от предыдущей группы: муниципальных образований с прямой связью между показателями уровня онкологической заболеваемости ЦНС и УКБС было только 10 из 15-ти ($66,67 \pm 12,17$ %), из них лишь в 1-м районе эта связь

была статистически достоверной средней силы ($r = 0,582 \pm 0,257$).

В то же время в 5-ти районах ($33,33 \pm 12,17$ %) корреляционная связь между заболеваемостью злокачественными образованиями ЦНС (С71, С72) и УКБС была обратной и статистически не достоверной. Доля взрослого населения в них составляла 21,5 % от общей их численности в этой группе и была статистически достоверно ниже, чем в районах с прямой связью ($t=3,8$; $p<0,05$). Однако процентное соотношение количества районов с прямой и обратной связью оказалось статистически недостоверным ($t=1,94$; $p>0,05$).

В целом по группе районов № 3 была найдена лишь тенденция прямой связи между интенсивными показателями злокачественных новообразований ЦНС и УКБС: $r = 0,394 \pm 0,291$; $p>0,05$; $R^2=15,52$ %; ДУ=90 %.

В группе № 4 (табл. 2) из 14-ти районов в 12-ти ($85,71 \pm 9,35$ %) связь между показателями заболеваемости злокачественными образованиями ЦНС и УКБС была прямой, в том числе в 4-х ($28,57 \pm 12,07$ %) статистически достоверной: в 1-м высокой ($r=0,815 \pm 0,183$) и в 3-х средней силы (от $r=0,58 \pm 0,257$ до $r=0,645 \pm 0,242$).

В 2-х районах этой группы ($14,29 \pm 9,35$ %) связь между показателями уровня заболеваемости взрослого населения края злокачественными новообразованиями ЦНС и УКБС была обратной, но недостоверной. В этих районах доля взрослого населения от общей её численности в группе № 4 была незначительной (7,84 %).

В этой группе количество районов с прямой связью между изучаемыми показателями было значительно (в 5 раз) и статистически достоверно ($t=5,4$; $p<0,01$) больше, чем со связью обратной, а различие в численности взрослого населения ещё выше: $t=8,3$; $p<0,001$.

Корреляционный анализ данных по группе районов № 4 (табл. 2) обнаружил прямую статистически достоверную средней силы связь между показателями уровня заболеваемости взрослого населения злокачественным новообразованиями ЦНС (Y) и УКБС (X): $r=0,606 \pm 0,252$; $R^2=36,7\%$; ДУ=95 %, а уравнение линейной регрессии имеет вид: $Y=3,47785+0,0196213*X$.

Таким образом, выявлена преимущественно прямая в основном статистически достоверная (за исключением районов группы № 3) корреляционная связь между интенсивными показателями онкологической заболеваемости центральной нервной системы (С71, С72) и УКБС.

Заключение

С помощью корреляционного и регрессионного анализов показана преимущественно статистически достоверная связь между интенсивными показателями общей онкологической заболеваемости (болезни II класса: С00–С97), а также онкологической заболеваемости центральной нервной системы (болезни II класса: С71, С72) у взрослого

населения Краснодарского края и удельным количеством базовых станций.

Наиболее отчетливо эта связь выявлена в группе районов с наиболее высокими базисными темпами прироста базовых станций.

Результаты проведенного исследования показывают возможное, в том числе при наличии неучтённых неопределенностей, негативное влияние базовых станций сотовой связи на показатели онкологической заболеваемости взрослого населения Краснодарского края.

Список литературы

1. Baan R. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields / R. Baan, Y. Grosse, B. Lauby-Secretan, et al. // *Lancet Oncol.* – 2011. – Vol. 12, Is. 7. – P. 624-626.
2. Eger H. Einfluss der räumlichen Nähe von Mobilfunksendeanlagen auf die Krebsinzidenz (The Influence of Being Physically Near to a Cell Phone Transmission Mast on the Incidence of Cancer) / H. Eger, K. Hagen, B. Lucas et al. // *Umwelt Medizin Gesellschaft.* – 2004. – 17(4). – P. 326-332.
3. Kundi M. Mobile phone base stations – Effects on wellbeing and health / M. Kundi, H.P. Hutter // *Pathophysiology.* – 2009. – Vol. 16, Is. 2-3. – P. 123-135.
4. United States Environmental Protection Agency. RadTown USA: Non-ionizing radiation from wireless technology. URL: <http://www.epa.gov/radtown/wireless-technology.html> (дата обращения: 11.11.2014).
5. Wolf R. Increased incidence of cancer near a cell-phonetransmitter station / R. Wolf, D. Wolf // *Inter. J. Cancer Prev.* – 2004. – № 1. – P. 123-128.
6. Yakymenko I. Long-term exposure to microwave radiation provokes cancer growth: evidences from radars and mobile communication systems / I. Yakymenko, E. Sidorik, S. Kyrylenko, V. Chekhun // *Exp. Oncol.* – 2011. – Vol. 33, Is. 2. – P. 62-70.
7. Yildirim M.S. Effect of mobile phone station on micronucleus frequency and chromosomal aberrations in human blood cells / M.S. Yildirim, A. Yildirim, A.G. Zamani, N. Okudan // *Journal of Genetic Counseling.* – 2010. – Vol. 21, Is. 2. – P. 243-251.