

## ОЦЕНКА ОНКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ, С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

С.А.Лаптёнок

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

*Исходя из того, что показатели численности населения и количества случаев заболевания логически связаны (чем больше населения, тем больше заболевших), корреляционные связи между ними должны быть достаточно тесными, а уменьшение значений коэффициентов корреляции для указанных показателей может свидетельствовать о нарушении естественной связи между ними, в ходе исследования производился расчет коэффициентов корреляции численности населения Воложинского и Столбцовского районов Минской области с количеством случаев заболевания злокачественными новообразованиями по Пирсону, Кэндаллу и Спирмэну. Установлено, что распределение значений коэффициентов корреляции Пирсона по категориям населенных пунктов и по периодам наблюдения демонстрирует тенденции, сходные с распределением коэффициентов ранговой корреляции, но с преобладанием отрицательных значений. Это связано с тем, что распределение показателей, для которых производились расчеты, не соответствует нормальному закону (населенные пункты, включенные в исследование, в большинстве своем являются населенными пунктами сельского типа с малочисленным населением, и распределение их по численности населения не может быть нормальным, а при малой численности населения случаи заболевания злокачественными новообразованиями являются достаточно редкими и также не могут быть распределены по нормальному закону). Сделан вывод о том, что применимость и достоверность метода расчета коэффициента корреляции по Пирсону в данном случае в значительной степени ограничены, а снижение значений коэффициентов ранговой корреляции численности населения и количества случаев заболевания злокачественными новообразованиями для ряда территорий и различных периодов времени может свидетельствовать об определенном влиянии на формирование уровня заболеваемости факторов загрязнения территорий радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и зональных геоэкологических особенностей.*

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 применения ядерного оружия и ядерных аварий, одним из наиболее очевидных отдаленных эффектов облучения является рост заболеваемости злокачественными новообразованиями различной локализации [1]. Эффекты облучения ионизирующими излучениями, вызывающие 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 [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 получения такой информации нами проведен корреляционный анализ динамики уровня интенсивных показателей заболеваемости населения Воложинского и Столбцовского районов злокачественными новообразованиями за период с 1953 по 2003 год. Сведения о случаях заболевания были получены из Белорусского канцер-регистра, сведения о численности населения – из материалов Управления статистики по Минской области и Архива Минской области [4–9].

Значения коэффициентов корреляции отражают степень приближения связи между показателями к функциональной. Поскольку показатели численности населения и количества случаев заболевания логически связаны (чем больше населения, тем больше заболевших), корреляционные связи между ними должны быть достаточно тесными. Следовательно, уменьшение значений коэффициентов корреляции для указанных показателей может свидетельствовать о нарушении естественной связи между ними.

Исходя из вышеизложенного, в ходе исследования производился расчет коэффициентов корреляции численности населения Воложинского и Столбцовского районов с количеством случаев заболевания злокачественными новообразованиями по Пирсону, Кэндаллу и Спирмэну. В табл. 1–7 представлены результаты расчетов для всех населенных пунктов как в целом, так и по категориям.

В таблицах использованы следующие условные обозначения:

Pearson – результаты оценки корреляции по Пирсону;

Kendall – результаты оценки корреляции по Кэндаллу;

Spearman – результаты оценки корреляции по Спирмэну;

r – значение коэффициента корреляции;

N – количество населенных пунктов;

P – уровень значимости коэффициента корреляции;

Σ – за весь период наблюдения (1953–2003 гг.);

«1959» – за период с 01.01.1953 г. до 31.12.1964 г.;

«1970» – за период с 01.01.1965 г. до 31.12.1974 г.;

«1979» – за период с 01.01.1975 г. до 30.06.1984 г.;

«1989» – за период с 01.07.1984 г. до 30.06.1994 г.;

«1999» – за период с 01.07.1994 г. до 31.12.2003 г.;

«101» – населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над Украинско-Балтийским линейным, не загрязненной радионуклидами <sup>137</sup>Cs;

«102» – населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над Украинско-Балтийским линейным, загрязненной радионуклидами <sup>137</sup>Cs;

Таблица 1

**Уровни корреляции общего количества случаев заболевания с численностью населения по всем населенным пунктам**

	Pearson			Kendall			Spearman		
	r	N	P	r	N	P	r	N	P
«1959»	0.027	241	–	0.195	241	0.01	0.256	241	0.01
«1970»	0.009	620	–	0.225	620	0.01	0.313	620	0.01
«1979»	-0.021	614	–	0.194	614	0.01	0.304	614	0.01
«1989»	-0.045	601	–	-0.033	601	–	-0.012	601	–
«1999»	-0.053	595	–	-0.072	595	0.01	-0.051	595	–
Σ	-0.001	602	–	0.008	602	–	0.019	602	–

Таблица 2

**Уровни корреляции общего количества случаев заболевания с численностью населения по населенным пунктам категории 101**

	Pearson			Kendall			Spearman		
	r	N	P	r	N	P	r	N	P
«1959»	0.198	14	–	0.314	14	–	0.386	14	–
«1970»	-0.08	54	–	0.064	54	–	0.087	54	–
«1979»	-0.078	54	–	0.253	54	0.01	0.337	54	0.05
«1989»	-0.156	53	–	0.038	53	–	0.096	53	–
«1999»	-0.001	52	–	0.138	52	–	0.222	52	–
Σ	-0.004	53	–	0.146	53	–	0.234	53	–

«111» – населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над разломами, образующими Украинско-Балтийский линеймент, не загрязненной радионуклидами <sup>137</sup>Cs;

«112» – населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной над разломами, образующими Украинско-Балтийский линеймент, загрязненной радионуклидами <sup>137</sup>Cs;

«200» – населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной вне Украинско-Балтийского линеймента, не загрязненной радионуклидами <sup>137</sup>Cs;

«202» – населенные пункты, находящиеся в зоне, расположенной вне Украинско-Балтийского линеймента, загрязненной радионуклидами <sup>137</sup>Cs;

«300» – населенные пункты, входящие в «Перечень населенных пунктов и объектов, находя-

щихся в зонах радиоактивного загрязнения», утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 01.02.2010 г. №132.

Следует отметить, что как для всех категорий населенных пунктов в целом, так и для категорий 102, 200, 202 и 300 наблюдается снижение значений коэффициентов ранговой корреляции (по Кэндаллу и Спирмэну) (табл. 1, 3, 5–7), причем в ряде случаев значительное (табл. 1, 3, 5), в период с 01.07.1984 г. по 31.12.2003 г. Кроме того, для категорий населенных пунктов 102, 202 и 300 наблюдается устойчивая тенденция к снижению значений коэффициентов ранговой корреляции в течение всего периода наблюдения (табл. 3, 6, 7). Данные факты могут свидетельствовать об определенном влиянии на формирование уровня заболеваемости фактора загрязнения территорий радионуклидами <sup>137</sup>Cs (нарушение естественной свя-

Таблица 3

**Уровни корреляции общего количества случаев заболевания с численностью населения по населенным пунктам категории 102**

	Pearson			Kendall			Spearman		
	r	N	P	r	N	P	r	N	P
«1959»	0.077	24	–	0.225	24	–	0.281	24	–
«1970»	-0.048	55	–	0.176	55	–	0.250	55	–
«1979»	-0.041	55	–	0.110	55	–	0.189	55	–
«1989»	-0.070	53	–	0.019	53	–	0.076	53	–
«1999»	-0.093	53	–	-0.162	53	–	-0.122	53	–
Σ	-0.070	53	–	-0.050	53	–	-0.065	53	–

Таблица 4

**Уровни корреляции общего количества случаев заболевания с численностью населения по населенным пунктам категории 111**

	Pearson			Kendall			Spearman		
	r	N	P	r	N	P	r	N	P
«1959»	–	–	–	–	–	–	–	–	–
«1970»	0.197	19	–	0.339	19	–	0.448	19	–
«1979»	0.589	19	0.01	0.508	19	0.01	0.642	19	0.01
«1989»	0.196	19	–	0.157	19	–	0.270	19	–
«1999»	-0.345	18	–	-0.356	18	0.05	-0.455	18	–
Σ	0.208	19	–	0.178	19	–	0.269	19	–

Таблица 5

**Уровни корреляции общего количества случаев заболевания с численностью населения по населенным пунктам категории 200**

	Pearson			Kendall			Spearman		
	r	N	P	r	N	P	r	N	P
«1959»	0.020	200	–	0.189	200	0.01	0.248	200	0.01
«1970»	0.013	451	–	0.245	451	0.01	0.336	451	0.01
«1979»	-0.021	445	–	0.176	445	0.01	0.287	445	0.01
«1989»	-0.055	439	–	-0.065	439	0.05	-0.066	439	–
«1999»	-0.053	436	–	-0.086	436	0.01	-0.075	436	–
Σ	0.002	439	–	-0.004	439	–	-0.002	439	–

Таблица 6

**Уровни корреляции общего количества случаев заболевания с численностью населения по населенным пунктам категории 202**

	Pearson			Kendall			Spearman		
	r	N	P	r	N	P	r	N	P
«1959»	–	–	–	–	–	–	–	–	–
«1970»	0.254	36	–	0.255	36	–	0.313	36	–
«1979»	-0.080	36	–	0.222	36	–	0.285	36	–
«1989»	-0.126	32	–	0.163	32	–	0.250	32	–
«1999»	-0.142	31	–	0.069	31	–	0.145	31	–
Σ	-0.133	33	–	0.019	33	–	0.020	33	–

Таблица 7

**Уровни корреляции общего количества случаев заболевания с численностью населения по населенным пунктам категории 300**

	Pearson			Kendall			Spearman		
	r	N	P	r	N	P	r	N	P
«1959»	–	–	–	–	–	–	–	–	–
«1970»	0.107	46	–	0.264	46	0.05	0.357	46	0.05
«1979»	-0.059	46	–	0.160	46	–	0.272	46	–
«1989»	-0.110	46	–	0.143	46	–	0.235	46	–
«1999»	-0.131	46	–	-0.106	46	–	-0.085	46	–
Σ	0.018	46	–	0.084	46	–	0.123	46	–

зи между численностью населения и количеством случаев заболевания наблюдается в период, включающий период радионуклидного загрязнения территории в результате аварии на ЧАЭС; устойчивое снижение значений коэффициентов корреляции между этими показателями в течение всего периода наблюдения характерно для категорий населенных пунктов, подвергшихся загрязнению радионуклидами). Следует отметить также, что практически все зоны, загрязненные радионуклидами, на исследуемой территории Воложинского и Столбцовского районов расположены в пределах или в непосредственной близости от линейных элементов литосферы [10]. Таким образом, имеют место признаки определенного воздействия на уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями, наряду с антропогенным фактором радионуклидного загрязнения, комплекса природных геофизических факторов, действующих в зонах линейных элементов литосферы.

Распределение значений коэффициентов корреляции Пирсона по категориям населенных пунктов и по периодам наблюдения демонстрирует тенденции, сходные с распределением коэффициентов ранговой корреляции, но с преобладанием отрицательных значений. Очевидно, это связано с тем, что распределение показателей, для которых производились расчеты, не соответствует нормальному закону. Населенные пункты, включенные в исследование, в подавляющем большин-

стве являются населенными пунктами сельского типа с малочисленным населением, исключение составляют два города, поселок городского типа и несколько крупных сел, так что распределение их по численности населения не может быть нормальным. При малой численности населения случаи заболевания злокачественными новообразованиями являются достаточно редкими и также не могут быть распределены по нормальному закону. Исходя из вышеизложенного, применимость и достоверность метода расчета коэффициента корреляции по Пирсону в данном случае в значительной степени ограничены. В то же время снижение значений коэффициентов ранговой корреляции численности населения и количества случаев заболевания злокачественными новообразованиями для ряда территорий и различных периодов времени может свидетельствовать об определенном влиянии на формирование уровня заболеваемости факторов загрязнения территорий радионуклидами <sup>137</sup>Cs и зональных геоэкологических особенностей.

**ЛИТЕРАТУРА**

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. Губин, В.Н. Космогеология на современном этапе: региональные исследования, литомониторинг, образование / В.Н.Губин [и др.] // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование : сб. науч. ст. / Издательский центр БГУ; под. ред. В.Н.Губина. – Минск, 2006. – С.14–18.
3. Тяшкевич, И.А. 40 лет развития метода дистанционного зондирования природных ресурсов в Республике Беларусь / И.А.Тяшкевич // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование: сб. науч. ст. / Издательский центр БГУ; под. ред. В.Н.Губина. – Минск, 2006. – С.6–10.
4. Таблицы о численности наличного и постоянного населения по каждому сельскому населенному пункту, сельсовету и району области за 1970 г. (таблица №2) // Архив Минской области. – Фонд 2305. – Оп.1. – Д.10285, Том 1. – Л.59–77.
5. Таблицы о численности наличного и постоянного населения по каждому сельскому населенному пункту, сельсовету и району области за 1970 г. (таблица №2) // Архив Минской области. – Фонд 2305. – Оп.1. – Д.10286, Том 2. – Л.50–65.
6. Текстовые отчеты Березинского, Борисовского, Вилейского, Воложинского, Дзержинского, Клецкого, Копыльского, Крупского, Логойского, Любанского и Минского районных ИВСов и ИВЦ о подготовке и проведении Всесоюзной переписи населения 1979 г. // Архив Минской области. – Фонд 2305. – Оп.1. – Д.11407. – Л.1–293.
7. Текстовые отчеты Молодечненского, Мядельского, Несвижского, Пуховичского, Слуцкого, Смолевичского, Солигорского, Стародорожского, Столбцовского, Узденского и Червенского районных ИВСов и ИВЦ о подготовке и проведении Всесоюзной переписи населения 1979 г. // Архив Минской области. – Фонд 2305. – Оп.1. – Д.11408. – Л.1–293.
8. Численность наличного населения сельских населенных пунктов по переписи населения на 15 января 1959 года (по административно-территориальному делению на 1.1.60 г. по Минской области) // Архив Минской области. – Фонд 2305. – Оп.2. – Д.20. – Л.79–81.
9. Численность наличного населения сельских населенных пунктов по переписи населения на 15 января 1959 года (по административно-территориальному делению на 1.1.60 г. по Минской области) // Архив Минской области. – Фонд 2305. – Оп.2. – Д.20а. – Л.118–120.
10. Лаптёнок, С.А. Системный анализ геоэкологических данных в целях митигации чрезвычайных ситуаций / С.А.Лаптёнок. – Минск: БНТУ, 2013. – 287 с.

**EVALUATION OF CANCER RISKS ASSOCIATED WITH GEO-ECOLOGICAL FACTORS USING METHODS OF CORRELATION ANALYSIS**

**S.A.Laptyonok**

Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Proceeding from the fact that the number of the population and the number of incidence cases are logically related (the more people, the more patients) correlations between them should be sufficiently close, and a decrease in the correlation coefficients values for these indicators may point to a violation of the natural connection between them. Correlation coefficients of the population from the Volozhin and Stolbtsy districts of the Minsk region and the number of cancer cases have been estimated using the Pearson, Kendall and Spearman tests. It has been established that the distribution of the Pearson correlation coefficients according to the categories of settlements and observation periods, demonstrates trends similar to the distribution of the rank correlation coefficient, but with a predominance of negative values. This is due to the fact that the distribution of the estimated indicators does not correspond to the normal rule (in most cases, the selected areas are rural, sparsely populated settlements, and their distribution by the population number can not be normal. At the same time cancer cases are rare enough and also can not be normally distributed among the small population size). It has been concluded that in this case the use and reliability of the Pearson Correlation Coefficient Calculator to a considerable degree is limited, and a decrease in rank correlation of the population number and the number of cancer cases for some areas and different periods of time may indicate a certain influence of  $^{137}\text{Cs}$  contamination factors and zonal geo-ecological features on incidence rate.

*Поступила 15.01.2014 г.*